Hobby Elektronica
&
Actueel IC-handboek

Naslagwerk over theorie en praktijk van de elektronica

eindredactie

Jos Verstraten

aanvulling
126

www.hobbyelektronica.nu

Vego VOF

Postbus 32.014, 6370 JA Landgraaf

CIP-GEGEVENS

Verstraten, Jos

Hobby Elektronica & Actueel IC-handboek

Groot praktijkboek voor de elektronicus met bouwhandleidingen, theoretische artikelen, componentengegevens en adressenlijsten

Losbladig, geïllustreerd
Trefwoord: elektronica

Uitgave
Vego VOF, Postbus 32.014, 6370 JA Landgraaf . . . . www.vego.nl
www.hobbyelektronica.nu

Contact
E-mail . . . . vego_vof@compuserve.com
Telefoon: 045-533.22.00
Fax: 045-533.22.02

Elektronische pagina-opmaak
Vego VOF, Landgraaf . . . . www.vego.nl

POD-productie
CPF Landgraaf . . . . www.cpf-landgraaf.nl

Cover en ringband ontwerp
Design Studio Sensation, Haarlem . . . . www.ds-sensation.nl

ISBN-10
90-805610-4-5

ISBN-13
978-90-805610-4-5

NUR
468

SISO
663.1

DISCLAIMER
Samensteller en uitgever zijn zich volledig bewust van hun taak een zo betrouwbaar mogelijke uitgave te verzorgen. Voor eventueel in deze uitgave voorkomende onjuistheden kunnen zij echter geen aansprakelijkheid aanvaarden.

3/8

Het hobby-laboratorium

Inhoud

[1] Dit hoofdstuk heeft een eigen inhoudsopgave

3/8.8

Werken met ESD-gevoelige onderdelen

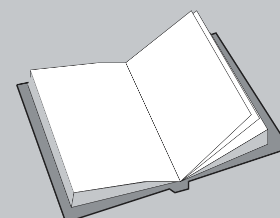
ESD

Electro Static Discharge
"ESD" staat voor "Electro Static Discharge", elektrostatische ontlading. Met dit begrip worden elektrische ontladingen met een betrekkelijk geringe energie inhoud bedoeld. Door deze geringe energie inhoud zijn de ontladingen voor mensen zonder gevaar. Ze zijn hoogstens vervelend omdat u bijvoorbeeld bij het aanraken van een metalen handvat van een kastdeur of een auto een schokje voelt. Voor elektronische apparatuur en onderdelen kunnen deze ontladingen echter vaak ernstige gevolgen hebben. Intelligente systemen kunnen onvoorspelbaar gedrag gaan vertonen en onderdelen kunnen defect geraken. De gevoeligheid van elektronische onderdelen voor ESD wordt vaak onderschat. Met de gegevens in de tabel van figuur 3/8.8-1 hopen wij u hardhandig uit een eventueel zonnige droom te laten ontwaken.
Omdat er tegenwoordig steeds meer complexe elektronische onderdelen op de markt komen die gevoelig zijn voor ESD moet iedereen die met elektronica werkt, of het nu is als beroep of als hobby, goed op de hoogte zijn van de gevaren van ESD en wat tegen deze gevaren te ondernemen valt.

Device type	ESD withstand voltage sensitivity
MR heads, RF FETs	10 - 100 Volt
Power MOSFETs, PIN diodes, laser diodes	100 - 300 Volt
Pre - 1990 VLSI	400 - 1000 Volt
Modern VSLI	1000 - 3000 Volt
HCMOS	1500 - 3000 Volt
CMOS B Series	2000 - 5000 Volt
Linear MOS	800 - 4000 Volt
Small geometry older bipolar	600 - 6000 Volt
Small geometry modern bipolar	2000 - 8000 Volt
Power bipolar	7000 - 25000 Volt
Film resistor	1000 - 5000 Volt

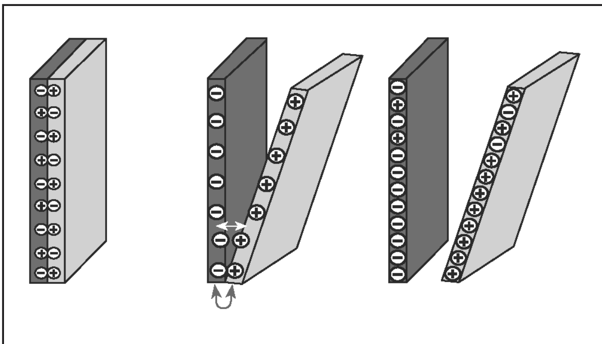
Figuur 3/8.8-1: De gevoeligheid van elektronische onderdelen voor ESD. De spanningswaarden geven de maximale waarde van de spanning die tussen de pennen van het onderdeel mag staan.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/2.4
Hoofdstuk 3/2.5



Ontstaan van ESD

Statische elektriciteit ontstaat wanneer twee niet geleidende oppervlakken met elkaar in aanraking komen en weer worden gescheiden. Bij het scheiden van deze twee oppervlakken zal het ene oppervlak elektronen plukken van het andere oppervlak. Dit proces is voorgesteld in figuur 3/8.8-2. Het materiaal waaruit de elektronen onttrokken worden krijgt hierdoor een positieve lading en het materiaal dat de elektronen onttrekt krijgt een negatieve lading. Deze ladingen worden statische ladingen genoemd. Afhankelijk van welke materialen van elkaar gescheiden worden, kan er een lage tot zeer hoge statische lading ontstaan. U kent het verschijnsel wel uit uw eigen praktijk. Als u over een vloerbedekking loopt die nylon bevat, zullen uw schoenen worden opgeladen op het moment dat u uw voet van de vloer optilt.



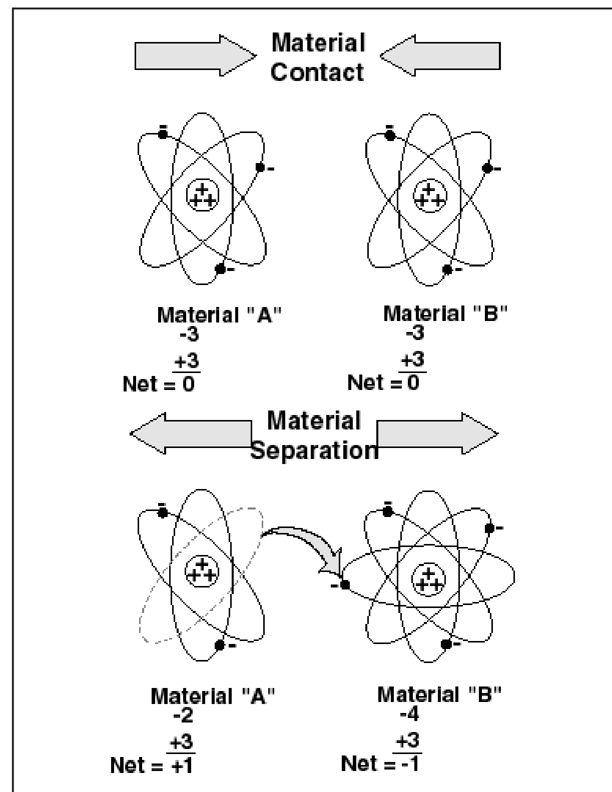
Figuur 3/8.8-2: Het ontstaan van elektrostatische lading in niet geleidende voorwerpen.

Tribo-elektrische oplading

Dit natuurkundige verschijnsel is bekend onder de naam ***tribo-elektrische oplading*** en u krijgt een idee van de werking aan de hand van figuur 3/8.8-3.

Alle materialen om u heen zijn opgebouwd uit moleculen. Moleculen bestaan weer uit nog kleinere deeltjes die we atomen noemen. Een atoom bevat elektrische lading:

– een elektrisch geladen kern bestaande uit positief geladen protonen en elektrisch neutrale neutronen;
– daar omheen draaien negatieve ladingen, de elektronen.



Figuur 3/8.8-3: Statische ladingen ontstaan door het tribo-elektrisch verschijnsel.

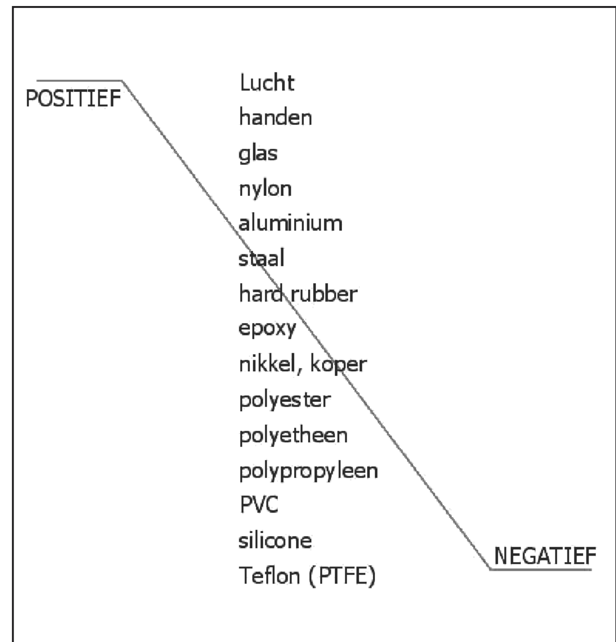
Onder normale omstandigheden is een atoom elektrisch neutraal. Er bevinden zich even veel positief geladen protonen in de kern als er negatief geladen elektronen rond de kern draaien.

De elektronen kunnen zich echter in sommige materialen gemakkelijk verplaatsen, maar het positief geladen deel is onverwoestbaar. Om protonen en neutronen te scheiden is enorm veel energie nodig. Als een atoom een elektron ver-

liest zal de totale lading van het atoom positief worden. Men noemt dit een positief ion. Krijgt het atoom een extra elektron dan zal de totale lading van het atoom negatief worden. Met spreekt dan van een negatief ion.
In het voorbeeld van figuur 3/8.8-3 hebben wij twee atomen voorgesteld met drie elektronen. Beide atomen hebben dus ook drie positief geladen protonen in de kern. De netto lading van beide atomen is nul. In eerste instantie worden de atomen in nauw contact gebracht. Het gevolg is dat de atomen een interactie aangaan en de elektronen vrij gemakkelijk van het ene naar het andere atoom migreren. Omdat dit proces zich miljarden malen per seconde voordoet, is het netto resultaat nog steeds nul. Als u de twee atomen echter van elkaar verwijdert kan het gebeuren dat een elektron nét van het ene naar het andere atoom is overgesprongen. Dat elektron kan niet meer terug en het linker atoom heeft vanaf dat moment een elektron te weinig en het rechter atoom heeft een elektron te veel. Er ontstaat een ladingverschil van twee eenheden tussen beide atomen.

Tribo-elektrische reeks

De grootte van het ladingverschil en de polariteit ervan is afhankelijk van welk soort atomen na een nauw contact worden gescheiden. Men heeft de zogenoemde ***tribo-elektrische reeks*** opgesteld die in een vereenvoudigde uitvoering is voorgesteld in figuur 3/8.8-4.
Aluminium zal na scheiding van PVC een positieve lading krijgen en PVC een negatieve. Het aluminium heeft dus zijn eigen elektronen aan het PVC afgestaan. PVC op zijn beurt zal positief geladen zijn nadat het met Teflon in aanraking is geweest. Hoe verder de materialen in deze reeks van elkaar af staan des te hoger de onderlinge elektrostatische lading.



Figuur 3/8.8-4: Uit deze tribo-elektrische reeks kunt u afleiden hoe groot de verschillading wordt als u twee materialen van elkaar scheidt.

Van lading naar spanning

Tussen twee van elkaar gescheiden materialen kan dus een ladingverschil ontstaan. In het ene materiaal heerst een elektronen overschot, in het andere een elektronen tekort. Lading wordt gemeten in coulombs. Deze lading uit zich in de praktijk echter als een spanningsverschil volgens de formule:

$$q = C * V$$

De lading van een voorwerp is gelijk aan het product van zijn capaciteit ten opzichte van de aarde en zijn spanning. Als er lading op een voorwerp aanwezig is,

dan zal dit voorwerp dus ook een spanning voeren ten opzichte van de aardreferentie. Vandaar dat we, als we de waarde van ESD willen uitdrukken, het nooit over coulombs hebben, maar steeds over volts. Dat is veel handiger! We spreken in de praktijk dan ook steeds over statische spanning in plaats van over statische lading.

De waarde van de statische spanning

De waarde van de statische spanning die u op een geladen voorwerp kunt meten ten opzichte van een neutrale referentie (de aarde) is natuurlijk afhankelijk van de plaats van de in contact zijnde materialen in de tribo-elektrische reeks, maar ook van de luchtvochtigheid. Dat is logisch, want vochtige lucht geleidt elektriciteit beter dan droge en hoe vochtiger de lucht, hoe sneller de overbodige elektronen weer uit de atomen zullen ontsnappen. In de tabel van figuur 3/8.8-5 hebben wij een overzichtje gegeven van de statische spanningen die alledaagse activiteiten kunnen opwekken en dat bij twee waarden van de luchtvochtigheid.

	RELATIEVE LUCHTVOCHTIGHEID	
	28 %	80 %
Lopen over een nylon tapijt	35.000 V	1.500 V
Uittrekken van een trui	25.000 V	1.900 V
Opstaan van een stoel	18.000 V	1.800 V
Openen van een plastic zak	17.000 V	1.600 V
Lopen over een vinyl vloer	12.000 V	250 V
Werken op een kunststof tafel	6.000 V	100 V

Figuur 3/8.8-5: De waarde van statische elektriciteit bij alledaagse werkzaamheden.

U merkt meteen het grote belang van de luchtvochtigheid. Toegegeven, zowel 28 % als 80 % komen in de praktijk niet voor, een normale waarde voor de relatieve luchtvochtigheid in kantoren en werkplaatsen is 50 %. Maar als u de waarde van de statische spanningen, zelfs bij een zeer vochtige lucht, vergelijkt met de kritische spanningen uit de tabel van figuur 3/8.8-1, dan stelt u vast dat de meeste moderne elektronische onderdelen het aanraken ervan, na een wandelingetje over een tapijt, niet overleven!

Spanning veroorzaakt stroom

Als u, opgeladen tot een statische spanning van 10.000 V, het pootje van een IC aanraakt dat via de werktafel op aardpotentiaal staat, dan zal er een gesloten stroomkring ontstaan. De statische spanning in uw lichaam veroorzaakt een stroom, die via het IC afvloeit naar de aarde. Tussen uw lichaam en de aarde staan allerlei weerstanden en de spanning van 10.000 V verdeelt zich over die weerstanden in verhouding tot hun relatieve waarde in de totale weerstandskring. Het kan dus gebeuren dat tussen twee op 1 µm van elkaar liggende geleidende baantjes in een IC een spanning van 2.000 V komt te staan. Het gevolg zal duidelijk zijn. De spanning slaat over, de stroom die daarvan het gevolg is wekt plaatselijk zoveel vermogen op dat een deel van het IC letterlijk verdampt. Om u een sprekend voorbeeld te geven: een zeer snelle ontlading van 15.000 V wekt een energie op van 20 MJ, wat omgerekend zeer locaal een vermogen van 200 kW kan veroorzaken. Dit is de basisoorzaak van de zeer grote schade die ESD aanricht in elektronische onderdelen en schakelingen!

De onzichtbare vijand

Let op dat u uw eigen ontlading niet eens hoeft te voelen, te horen of te zien.

8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen

De gemiddelde mens is ongevoelig voor ontladingen tot 3.000 V. In het algemeen worden de onderstaande grenzen gehanteerd:

– een elektrische ontlading is voelbaar als een zenuwprikkel vanaf 3.000 V;
– een elektrische ontlading in goed hoorbaar als een licht geknetter vanaf 6.000 V;
– een elektrische ontlading is zichtbaar als klein vonkje vanaf 9.000 V.

Ook als u niets voelt, hoort of ziet kunt u dus een spanning van 3.000 V op een IC zetten!

Conclusie

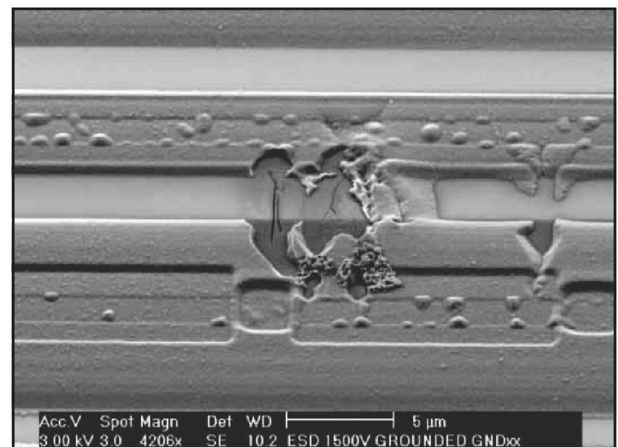
Wij hopen dat wij met deze inleidende informatie het grote gevaar van statische elektriciteit voor werkers in de elektronica hebben duidelijk gemaakt. Op nogal wat babbelboxen wordt het probleem onderschat. Een opmerking als “Voor ik een print onder handen neem raak ik even de radiator van de centrale verwarming aan. Ik wordt dan volledig ontladen en kan zonder speciale ESD-maatregelen aan de slag” slaat werkelijk nergens op! Alleen al het terug lopen van de radiator naar de werkplek kan zoveel statische lading in uw lichaam verzamelen dat u het doodvonnis tekent van elektronische onderdelen.

Schade door ESD

Inleiding

Het probleem bij ESD-schade is dat u het niet ziet. In figuur 3/8.8-6 hebben wij als sprekend voorbeeld de schade in beeld gebracht, die een ESD heeft aangericht in het interne van een IC. Binnen het IC heeft een subminiatuur explosie plaats gevonden, waardoor kortsluiting is ontstaan tussen twee naast elkaar gelegen sporen. Uitwendig is er uiteraard geen enkel spoor van de zware averij te ontdekken.

Door de steeds kleiner wordende elektronica en de toenemende snelheid waarop deze chips moeten werken zal de gevoeligheid van deze componenten voor ESD alleen maar toenemen.



Figuur 3/8.8-6: Een door ESD beschadigd IC.

Catastrophic failure

Een catastrophic failure is een ESD-incident, waarbij het onderdeel direct defect raakt. Dat is in feite het beste dat u kan overkomen, want zo’n incident is gemakkelijk op te sporen bij de kwaliteitscontrole van het onderdeel of het apparaat waarin het onderdeel is gesoldeerd.

Pregnant IC

Een door ESD beschadigd IC hoeft niet direct kapot te gaan. Naarmate een apparaat langer aan staat zal de plek waar de beschadiging plaatsvindt langzaam doorbranden. Dit noemt men een “pregnant IC”. Zo’n beschadiging is pas waar te nemen als de apparatuur reeds bij de klant staat.

8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen

Latent Defect
Een latent defect is min of meer te vergelijken met een pregnant IC. Een latent defect heeft geen totale uitval op termijn tot gevolg, maar leidt tot degradatie van de specificaties van een schakeling of apparaat. U begrijpt ongetwijfeld dat een apparaat waarin een onderdeel zit met latent defect een nachtmerrie is voor iedere technische dienst. De klant klaagt dat het apparaat niet aan uw specificaties voldoet, uw technici meten dat dit inderdaad het geval is, maar wat is de oorzaak?

ESD to ESDS
Bij een dergelijk incident wordt statische lading overgebracht van een bron (ESD) naar een ESD-gevoelige ontvanger (ESDS of Electro Static Discharge Sensitive). Een voor de hand liggend voorbeeld. U loopt naar uw werktafel, verzamelt ondertussen lading en pakt een IC van het tafeloppervlak. Op dat moment ontlaadt u zichzelf via de pennen van het IC, het tafeloppervlak, en de (metalen) poten naar de aarde. Voor een dergelijk incident bestaat een model dat HBM heet, oftewel “Human Body Model”.

ESDS to body
Het omgekeerde incident kan ook voorkomen. Als u zichzelf volledig ontladen heeft en u pakt een ESDS van de opgeladen tafel, dan vloeit er lading van de tafel via het ESDS naar uw lichaam. Ook dát kan uiteraard schade aan het component veroorzaken. Voor dergelijke incidenten heeft men ook een model opgesteld dat door het leven gaat onder de naam MM, oftewel “Machine Model”.

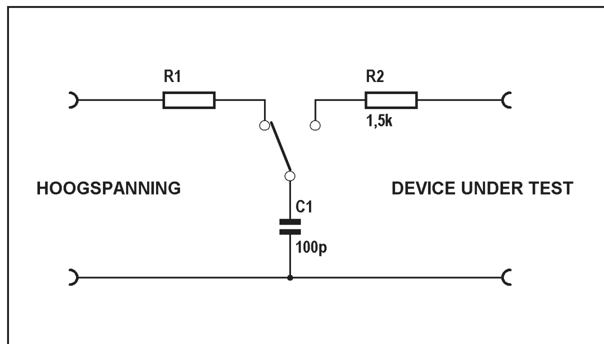
Opmerking
Realiseert u zich dat een “ESDS to body” incident vaak meer schade aanricht dan een “ESD to ESDS” incident. Een tafel kan bijvoorbeeld veel meer lading verzamelen dan uw lichaam met als gevolg dat de statische spanning veel hoger kan zijn en de ontlaadstroom heftiger.

Field Inducted Discharges
Rond een elektrostatisch opgeladen voorwerp bevindt zich een elektrostatisch ruimtelijk veld. Als een ander voorwerp in de invloedsfeer van dit veld staat, dan kan dit veld in dit voorwerp een elektrostatische lading opwekken. Dit incident is te vergelijken met de werking van een trafo, waar een onder spanning staande primaire wikkeling een magnetisch veld opwekt en dit magnetisch veld in de secundaire wikkeling een inductiespanning genereert.
Die geïnduceerde lading kan groot genoeg zijn om gevaarlijke statische spanningen te genereren in het voorwerp. Als het voorwerp via een lage impedantie met de aarde is verbonden, kan deze inductielading tot vonkontladingen leiden die beschadigingen tot gevolg hebben.

Modellen

Human Body Model
De mens is de voornaamste bron van ESD-schade. Om componenten op een betrouwbare en reproduceerbare manier te kunnen testen op hun bestendigheid tegen uw eigen ESD moet er dus een internationaal gestandaardiseerd model worden ontwikkeld, dat een elektrisch equivalent voorstelt van uw geladen lichaam. Dat model, dat “HBM” wordt genoemd, is vreemd genoeg erg eenvoudig, zie figuur 3/8.8-7. Nog vreemder is dat dit model al in het midden van de vorige eeuw werd ontwikkeld

als middel om vonkoverslag in steenkoolmijnen, waardoor explosies konden ontstaan, reproduceerbaar te onderzoeken.

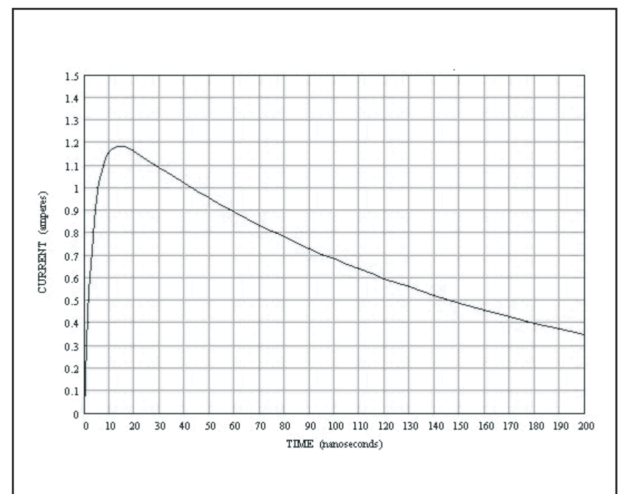


Figuur 3/8.8-7: Het wel zeer eenvoudig equivalent schema van uw opgeladen lichaam.

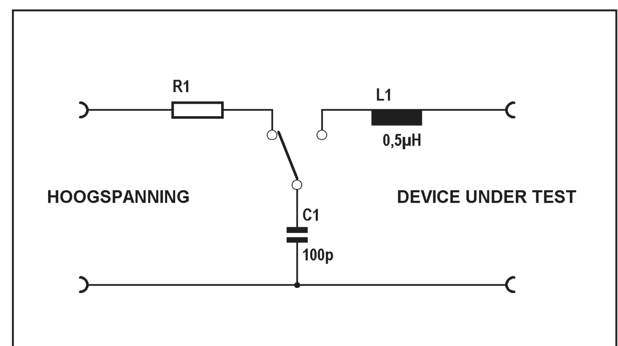
Uw lichaam wordt dus voorgesteld door een condensator met een capaciteit van slechts 100 pF. Deze condensator wordt via de schakelaar en een stroombegrenzende weerstand opgeladen tot de ESD testspanning. Door het omschakelen van de schakelaar ontlaadt de condensator zich via een weerstand van 1,5 kΩ naar het "device under test", het te testen onderdeel. Ondanks de lage waarde van de condensator kunnen er flinke stromen vloeien. In figuur 3/8.8-8 ziet u het typische stroomverloop van de ontlading van een HBM in een onderdeel. Let op de tijdschaal: deze is weergegeven in ns! Conclusie is dat ESD ontladingen zeer snelle verschijnselen zijn, die zich in een paar tientallen ns afspelen. Wat dat betreft kunt u een ESD vergelijken met een bliksem. Ook een bliksem ontstaat en verdwijnt binnen een paar tientallen nanoseconde.

Machine Model

Het Machine Model is geënt op het Human Body Model, maar ziet er toch iets anders uit, zie figuur 3/8.8-9. De condensator heeft nu een waarde van 200 pF en de ontlaadweerstand is vervangen door een in principe weerstandsloze zelfinductie van 0,5 μH.



Figuur 3/8.8-8: Het typisch verloop van de ontlaadstroom als het Human Body Model wordt ontladen in een testonderdeel.

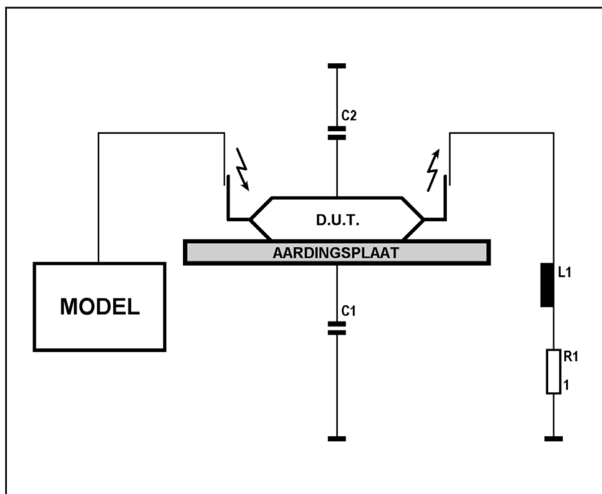


Figuur 3/8.8-9: Het Machine Model.

Het testen van componenten met de modellen

Voor het testen van onderdelen heeft men een standaard meetprocedure ontwikkeld, geschetst in figuur 3/8.8-10. Het te testen onderdeel, in dit geval een DIL-IC, wordt met de pootjes in de hoogte op een metalen plaat gelegd. Eén pootje wordt geladen via het Human

Body Model, een ander pootje wordt ontladen naar de massa via een weerstand van 1 Ω en een kleine zelfinductie. De condensatoren C1 en C2 stellen de paracitaire capaciteiten van het systeem voor.



Figuur 3/8.8-10: Een vaak gebruikte meetmethode waarmee u de ESD (on)gevoeligheid van onderdelen kunt onderzoeken.

Classificatie

Aan de hand van de meetresultaten kan aan ieder onderdeel een klasse worden toegekend. Deze klasse geeft de maximale ESD-spanning die het onderdeel zonder beschadiging kan verdragen. In de tabel van figuur 3/8.8-11 is deze classificatie gegeven voor testen met het meest toegepaste en belangrijkste model, het Human Body Model.

Maatregelen

Inleiding

Als u werkt met elektronica onderdelen, al is het maar deze uit hun verpakking halen, dan moet u maatregelen treffen tegen ongewenste ESD. In het algemeen zijn deze maatregelen kort en krachtig samen te vatten met de kreet:

GEEN LADING = GEEN ONTLADING

Als u er voor zorgt dat er nergens in de werkruimte lading kan worden opgebouwd, dan kunnen er zich ook geen schadelijke elektrostatische ontladingen voordoen.
De theorie is dus eenvoudig, de praktijk is heel wat moeilijker!

KLASSE	SPANNINGS-BEREIK
CLASS 0	< 250 V
CLASS 1A	250 V - 500 V
CLASS 1B	500 V - 1.000 V
CLASS 1C	1 kV - 2 kV
CLASS 2	2 kV - 4 kV
CLASS 3A	4 kV - 8 kV
CLASS 3B	> 8 kV

Figuur 3/8.8-11: Classificatie van onderdelen in relatie tot hun (on)gevoeligheid voor ontladingsspanningen volgens het Human Body Model.

Gecontroleerde ontlading

Het opbouwen van ladingen kan alleen worden voorkomen door alle voorwerpen in de werkruimte op dezelfde spanning of potentiaal te zetten. Dat betekent dus dat alle voorwerpen door middel van elektrisch geleidende paden met elkaar verbonden moeten worden, inclusief uzelf. Het zal duidelijk zijn dat dit gemakkelijker gezegd is dan gedaan.
Bovendien mag u niet zomaar alles door middel van koperdraad met de aarde

8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen

verbinden. Als er voorwerpen tóch worden opgeladen, dan moet die lading op een gecontroleerde manier kunnen afvloeien naar de aarde. Dat betekent dat bijvoorbeeld een "geleidende" polsband een ingebouwde weerstand van ongeveer 1 MΩ heeft. Raakt u een opgeladen voorwerp aan, dan zal de elektrostatische spanning via deze weerstand gecontroleerd afvloeien, waarmee wordt bedoeld dat de ontlaadstromen niet te groot zijn.
Het woord "geleidend" moet u dus in het kader van ESD-producten niet al te letterlijk opvatten!

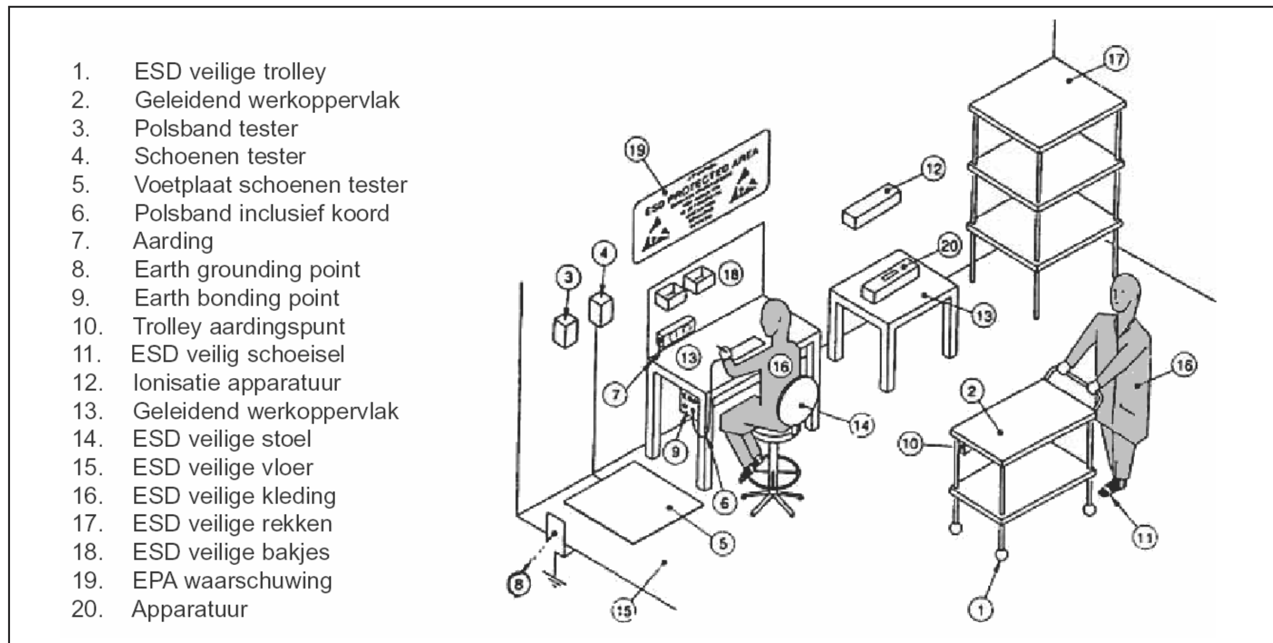
Electrostatic Protected Area
Het komt er op neer dat u zogenoemde "EPA's" moet creëren. "EPA" is het letterwoord van "Electrostatic Protected Area", elektrostatisch beschermde ruimte.
Zo'n EPA moet duidelijk herkenbaar zijn door het op deuren en ramen ophangen van speciale stickers (zie figuur 3/8.8-12) en mag alleen door specifiek getraind personeel worden betreden.
Deze sticker heeft een gele achtergrond en zwarte letters.



Figuur 3/8.8-12: Door middel van dergelijke stickers worden medewerkers en bezoekers geattendeerd op het feit dat zij uw EPA betreden.

Dergelijke zônes dienen niet om te voorkomen dat ladingen ontstaan, maar wel om er voor te zorgen dat aanwezige ladingen gecontroleerd worden afgevoerd. In de beveiligingszône ligt daarom een geleidende en geaarde vloerbedekking. Afleg- en werkvlakken zijn voorzien van afleidingsweerstanden met een bepaalde weerstand, waardoor ladingen niet te snel, maar ook niet te langzaam worden afgevoerd. Verplaatsbare tafels hebben naast een geleidend oppervlak ook geleidende wielen. Datzelfde geldt voor het onderstel van de stoelen. De bekleding en de vulling zijn vervaardigd uit een geleidend materiaal.
Een probleem is echter de ladingen die worden veroorzaakt door wrijving. Een betrouwbare beveiliging is de aardende polsband en de geleidende eigenschappen van speciale schoenen, die telkens wanneer de drager de beveiligingszône betreedt getest moeten worden. Tenslotte moeten ook geleidende vingerdopjes of handschoenen worden gedragen. Bij het dragen van geaarde polsbanden, die spanningen langzaam en veilig via een grote weerstand (van gewoonlijk 1 MΩ) naar de aarde afleiden, waarschuwt Semtronics, een fabrikant van apparaten om statische ladingen af te voeren, dat deze zeker niet te los gedragen mogen worden en dat de geleidbaarheid ervan nauwgezet gecontroleerd moet worden.
Verder moet de werkkleding, zoals werkjassen, steeds gesloten zijn. Statische oplading van de persoonlijke kleding kan namelijk niet beheerst of afgeschermd worden.
Dank zij deze maatregelen kan in de elektronica productie ESD tegenwoordig meestal goed onder controle worden gehouden.

8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen



Figuur 3/8.8-13: Een ESD-veilige werkruimte waar aandacht is besteed aan alle punten die van belang zijn.

De inrichting van een EPA

Dat bij een goede inrichting nogal wat komt kijken, bewijst figuur 3/8.8-13, waarin we alle aandachtpunten hebben samengevat. Gelukkig bestaan er voor alle twintig aandachtpunten tegenwoordig goede en vaak goedkope oplossingen, die wij in de volgende paragrafen aan u zullen voorstellen. Het overzicht van figuur 3/8.8-13 geeft uiteraard een droom-inrichting van een EPA weer: aan alles is gedacht. Het kan ook ietsjes minder, maar waar u in ieder geval rekening mee moet houden is:

- verpakkingen;
- kleding;
- polsbanden en schoenen;
- producten voor het aarden van ESD-gevoelige apparatuur;
- producten voor het aarden van ESD-veilige producten;
- ESD-veilige tafels;
- ESD-veilige stoelen;
- ESD-veilige trolleys;
- ESD-veilig geaarde soldeerapparatuur;
- ESD-veilige tafels of tafelmatten;
- meetinstrumenten voor het meten en controleren van uw ESD-voorzieningen.

Mentaliteit

Naast de hiervoor vermelde ESD-veilige producten is het werken in een ESD-veilige omgeving onlosmakelijk verbonden met zelfdiscipline en mentaliteit van alle medewerkers. Deze zelfdiscipline komt samengevat op het volgende neer:

- draag bij directe aanraking van elektronica altijd een van te voren gecontroleerde polsband;
- draag binnen de ESD-veilige ruimte ESD-veilige kleding;
- zorg dat de werkplek vrij is van isolerende materialen (plastic en plakband zijn grote boosdoeners die nogal eens worden vergeten);

8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen

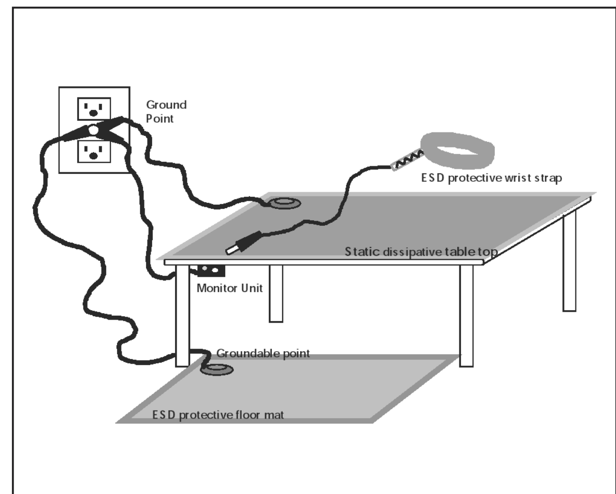
- controleer bij elke binnenkomst in de ESD-veilige ruimte uw ESD-veilige schoenen en uw polsband;
- gebruik zowel binnen als buiten de ESD-veilige ruimte goede verpakkingen met afdoende ESD-afscherming;
- begeleid bezoek in de ESD-veilige ruimte en attendeer het op de ESD-maatregelen;
- spreek collega's aan bij ondeugdelijk ESD-gedrag;
- laat een ESD-veilige ruimte regelmatig controleren op de genomen ESD-maatregelen;
- zorg dat uw medewerkers voldoende zijn getraind, zodat ze met de ESD-maatregelen weten om te gaan en weten waarom ze deze maatregelen nodig zijn;
- meld eventuele tekortkomingen in de ESD-veilige ruimte aan de daarvoor verantwoordelijke collega.

ESD en het hobby-lab

De ESD-vrije werkruimte die we in figuur 3/8.8-13 hebben geschetst is uiteraard bedoeld voor bedrijven die dagelijks met ESD-gevoelige componenten werken. Het op een dergelijke manier inrichten van een werkruimte kost een hoop centen. Wat moet de hobby-elektronicus op dit gebied doen? Niets en maar hopen dat het goed gaat? Niet erg verstandig, want in figuur 3/8.8-14 hebben wij een minimale ESD-uitrusting voorgesteld die niet veel geld hoeft te kosten, maar voor het gemiddelde hobby-werk een uitstekende bescherming biedt.
Die minimale voorzieningen bestaan uit:

- een geaarde vloermat, die de statische lading in uw lichaam afvoert naar de aarde;
- een geaarde plaat op uw werktafel;
- een geaarde armband.

Deze drie onderdelen moeten op één centraal aardpunt worden aangesloten, het "Ground Point".



Figuur 3/8.8-14: De minimale ESD-voorzieningen die ook de hobby-elektronicus moet treffen.

Pictogram

Tot slot geven wij u in figuur 3/8.8-15 het internationaal gestandaardiseerde pictogram dat op alle verpakkingen, waar ESD-gevoelige producten in aanwezig zijn, moet worden aangebracht. Ook dit pictogram heeft een gele achtergrond en zwarte tekst. In de plaats van de letter X kunt u vier verschillende codes aantreffen:

- S: Electrostatic discharge shielding;
- D: Electrostatic dissipative;
- L: Low charging;
- C: Electrostatic conductive.

Verpakkingen

Inleiding

Uiteraard moet u ESD-gevoelige componenten verplaatsen van en naar uw EPA's. Het belangrijkste hierbij is gebruik te maken van de juiste bescher-

mende verpakkingen. Er is een norm IEC 61340-5-1 opgesteld waaraan verpakking voor diverse soorten onderdelen moet voldoen.



Figuur 3/8.8-15: Het internationaal gestandaardiseerde ESD-pictogram.

- Assemblies met eigen voeding en ESD-gevoelige componenten:
  Een typisch voorbeeld is een moederbord dat gevoed wordt uit een ingebouwde batterij. Deze moeten in "electrostatic dissipative" verpakkingen worden verzonden, dus met een sticker met een D er op. De soortelijke weerstand van de verpakking ligt tussen 10^8 en 10^{11} Ω per vierkante inch.
- Assemblies zonder eigen voeding en losse ESD-gevoelige componenten:
  Dat kunnen compleet gemonteerde printplaten zijn die niet door middel van een eigen batterij of accu van spanning worden voorzien tijdens het transport. Deze moeten in "Low charging" verpakkingen worden verpakt, dus een sticker met de letter L. De soortelijke weerstand van de verpakking ligt tussen 10^2 en 10^{11} Ω per vierkante inch.
- Niet ESD-gevoelige onderdelen:
  Hierbij moet u denken aan metalen chassisdelen en kabels. Hoewel deze onderdelen zélf niet gevoelig zijn voor ESD moeten zij, als zij naar een EPA worden getransporteerd, tóch verpakt worden in "Low charging" verpakking met een soortelijke weerstand tussen 10^2 en 10^{11} Ω per vierkante inch.

Kooi van Faraday
Sommige verpakkingen voldoen aan het "kooi van Faraday" principe. Een kooi van Faraday is een ruimte die volledig elektrostatisch van de buitenwereld is afgeschermd. De inhoud van de kooi kan dus nooit worden beïnvloed door elektrostatische of elektrodynamische velden die buiten de kooi rondrazen.

Soorten ESD verpakking
In de praktijk kunt u kiezen uit vier soorten ESD-veilige verpakking:
- zwarte koolstofhoudende verpakkingen;
- roze "pinkpoly" verpakkingen;
- metalic shielding zakken;
- kartonnen verpakkingen met opgesloten geleidende laag.

Zwarte koolstofhoudende verpakkingen
Deze verpakkingen, voorgesteld in figuur 3/8.8-16, bestaan uit koolstofhoudend polyethyleen. Als de dikte groter is dan 80 μm zijn ze geschikt als stevige ESD-verpakking voor uw onderdelen en printplaten. U mag ze echter niet gebruiken in uw cleanroom omdat deze zakken koolstofdeeltjes verspreiden. Omdat ze niet transparant zijn loopt u het gevaar dat uw medewerkers gaat kijken wat er in de verpakking zit. Ook moet u oppassen bij het verpakken van een printplaat met een accu. Deze loopt langzaam leeg als

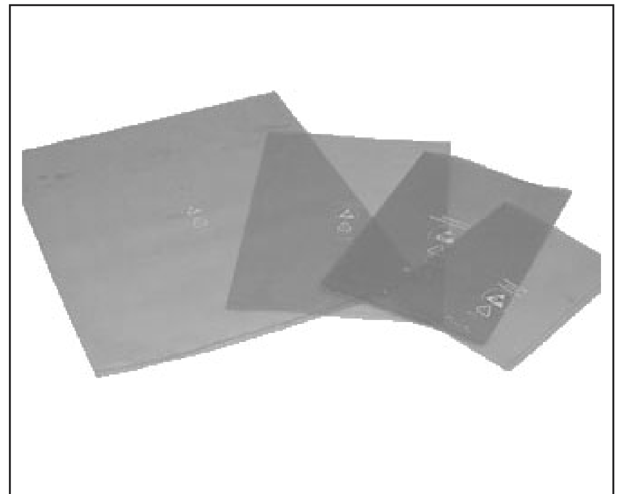
de aansluitpennen in contact komen met het koolstof van de verpakking.
De oppervlakteweerstand van dergelijke zakken ligt tussen 10^3 en 10^6 Ω per vierkante inch.



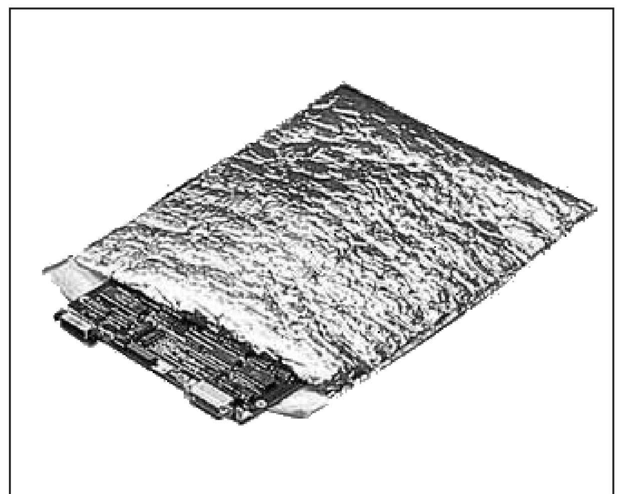
Figuur 3/8.8-16: Deze zwarte koolstofhoudende zakken zijn uitstekend geschikt voor het verpakken van ESD gevoelige printplaten.

Roze "pinkpoly" verpakkingen
Deze in figuur 3/8.8-17 voorgestelde zakken zijn transparant en niet oplaadbaar. Er zijn twee soorten verkrijgbaar, één die werkt op basis van vocht (kan dus oxidatie veroorzaken) en een nieuwer type dat onafhankelijk van vocht niet oplaadbaar is. Deze zakken zijn te herkennen aan de tekst "permanent dissipatief" die op de zak is gedrukt.
De oppervlakteweerstand van dergelijke zakken ligt tussen 10^{10} en 10^{11} Ω per vierkante inch. De geleidbaarheid is dus veel kleiner dan deze van koolstofhoudende zakken.

Metalic shielding bags
Deze in figuur 3/8.8-18 voorgestelde zakken zijn de meest geschikte verpakking voor elk type printplaat met ESD gevoelige componenten. Door het geïntegreerde metaallaagje dat tussen twee polyethyleen laagjes is aangebracht heeft deze verpakking ideale "kooi van Faraday" eigenschappen.



Figuur 3/8.8-17: De roze "pinkpoly" verpakkingen hebben een hogere soortelijke weerstand, maar zijn in ieder geval niet oplaadbaar.



Figuur 3/8.8-18: Deze metalic shielding bags hebben een aluminium laagje, waardoor deze zakken perfecte kooien van Faraday zijn.

De voordelen op een rijtje:
– heeft uitstekende shielding eigenschappen;
– trekt geen stof aan en kan in uw cleanroom gebruikt worden;
– de zak blijkt bruikbaar zolang er geen grote gaten of scheuren in zitten.

Metalic shielding zakken zijn geschikt voor gebruik in en buiten uw EPA. De polyethyleen buitenlagen hebben een soortelijke weerstand van ongeveer 10^{12} Ω per vierkante inch.

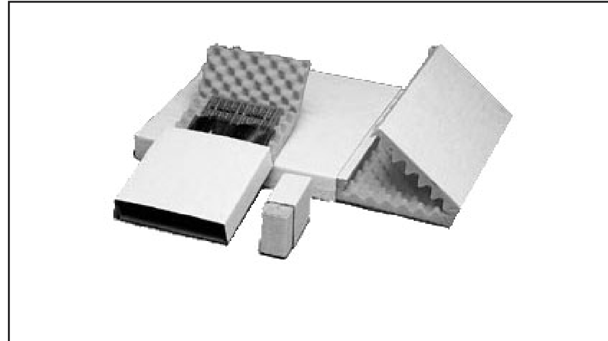
Kartonnen verpakking met opgesloten geleidende laag

Deze dozen, zie figuur 3/8.8-19, zijn uiterst betrouwbaar door de speciale volledig gesloten interne geleidende afschermingslaag. De binnen- en buitenlaag zijn gemaakt van een permanent elektrostatisch dissipatief materiaal. Het karton is niet geschikt voor gebruik in een cleanroom vanwege de stofafgifte, maar in combinatie met polyethyleen of polyurethaanschuim is deze verpakking wel het meest flexibele alternatief.

BranoGel

Een handig en vaak onontbeerlijk hulpmiddel bij het verzenden van gemonteerde printplaten is het zogenoemde BranoGel. Dit zijn kleine zakjes met erin chemicaliën die het vocht uit de lucht absorberen.

Waarschijnlijk is de lucht in uw kantoor en verpakkingsafdeling vrij droog, maar u weet niet hoe dat zit in de vrachtwagens van de diverse vervoersbedrijven die uw pakketten transporteren en in hún magazijnen. Door zo'n zakje BranoGel, zie figuur 3/8.8-20, in uw verpakking op te nemen zorgt u er voor dat eventueel geabsorbeerd vocht uw kostbare elektronica niet kan beschadigen.



Figuur 3/8.8-19: Deze kartonnen dozen met volledig gesloten geleidende binnenverpakking zijn ideaal voor het verzenden van ESD-gevoelige printplaten.



Figuur 3/8.8-20: Met dergelijke zakjes BranoGel zorgt u ervoor dat uw producten droog blijven.

Geleidende plakband

Het dichtplakken van uw ESD-veilige verpakkingen met gewone plakband is absoluut verboden! Dergelijke tape is veel te statisch, wat u ongetwijfeld kunt beamen als u al eens ooit een pakje met dergelijke tape heeft dichtgeplakt. Er bestaat speciale zwarte geleidende plakband, zie figuur 3/8.8-20, die ook deze laatste stap in het goed verpakken van uw ESD-gevoelige apparatuur volgens de regels van de kunst volbrengt.

Deze plakband heeft een oppervlakteweerstand van ongeveer 10^3 tot 10^5 Ω per vierkante inch.



Figuur 3/8.8-21: Elektrische geleidende plakband vormt het laatste onderdeel voor uw ESD-veilige verpakkingsafdeling.

De EPA

Inleiding
Aan de inrichting van een “Electrostatic Protected Area” moet u heel veel aandacht besteden. Werkelijk niets dat in de ruimte aanwezig is mag aan uw aandacht ontsnappen. Let er bij de inrichting op dat u meubilair aanschaft dat zo min mogelijk onderhoud vraagt. Stof afnemen van de schappen van een rek veroorzaakt wrijving en die wrijving kan weer oorzaak zijn van ongewenste opladingen.
Een voorbeeld. U kunt het best open opbergkasten met draadrekken toepassen in plaats van de bekende magazijnstellingen met vol-metalen legplanken. Zo’n speciale stelling is voorgesteld in figuur 3/8.8-22.
De draadconstructie van de rekken in zeer onderhoudsvrij en de rekken worden met speciale elektrisch geleidende verbinders (sure locks) met de verticale steunen van het systeem verbonden. De pootjes van deze steunen zijn uiteraard van metaal, zodat zij goed elektrisch contact maken met de vloer.



Figuur 3/8.8-22: Met dergelijke onderhoudsvrije en elektrisch geleidende magazijnstellingen kunt u uw gevoelige ESD-producten veilig opbergen.

Twee basisregels
Voor het inrichten van uw EPA gelden twee basisregels:
– alle geleidende voorwerpen aarden;
– alle isolerende voorwerpen verwijderen, vervangen door ESD-veilige equivalenten, behandelen met geleidende verf of afschermen.

Als u zich aan deze twee regels houdt dan heeft u de basis gelegd voor een professionele ESD-veilige werkruimte.

De vloer
Het goed aanbrengen van elektrisch geleidende vloerbedekking met elektrisch geleidende lijm is cruciaal in verband met ESD-effecten. Een belangrijk punt is om vooraf te formuleren aan welke eisen de vloerbedekking moet voldoen. De soort vloerbedekking moet worden gerelateerd aan de aard van het werk dat in uw EPA wordt verricht. Zo wordt bijvoorbeeld elektrisch geleidend tapijt veel toegepast in kantoorruimten met data-

verwerkende apparatuur. In de elektronica-industrie maar ook in de gezondheidszorg daarentegen wordt veel gewerkt met elektrisch geleidende PVC-vloerbedekking en epoxy en/of polyurethaan vloeren.

Vloercoating

Voor betonnen vloeren is er geleidende twee-componenten hars te koop, bijvoorbeeld van het merk Ecostat. Deze DF Polycan, zie figuur 3/8.8-23, is een polyurethaan hars die door toevoegingen elektrisch geleidend is gemaakt. De hars kan zowel op vloeren als op muren met de kwast of de roller worden aangebracht. De typische weerstand van de laag naar de aarde is 10^6 Ω.



Figuur 3/8.8-23: Met dergelijke geleidende twee-componenten harsen kunt u harde vloeren en muren ESD-veilig bewerken.

Het meubilair

Het is belangrijk dat objecten die op de vloerbedekking staan of bewegen hun lading kunnen afvoeren naar de vloer. Zo moet bij het lopen over een vloer of vloerbedekking de lichaamsspanning(en) van uw medewerkers goed aan de vloer worden overgedragen. Dit betekent dat de kleding door het wrijven over het lichaam of over elkaar, geen of weinig lading mag opwekken. Het afvoeren van de lichaamsspanning naar de vloer vindt plaats door ESD-sokken en ESD-schoenen. Ook is het belangrijk dat het meubilair aan zekere eisen voldoet. Voor bewegend en rollend materieel zoals stoelen met zwenkwielen, transportwagentjes en dergelijke is het belangrijk dat deze objecten zijn uitgevoerd met ESD-wieltjes. Kantoorstoelen moeten daarbij een zodanige constructie hebben dat een eventueel opgewekte elektrostatische lading goed kan worden afgevoerd naar de vloer. Ook moeten de zitting, rugleuningen, armsteunen en kunststofschaal van deze stoelen geen of weinig lading opwekken als er over gewreven wordt. Daarnaast verdienen de bladen van uw bureaus en het materiaal op uw bureaus zoals kunststof postbakjes, kunststof mappen en dergelijke de aandacht.

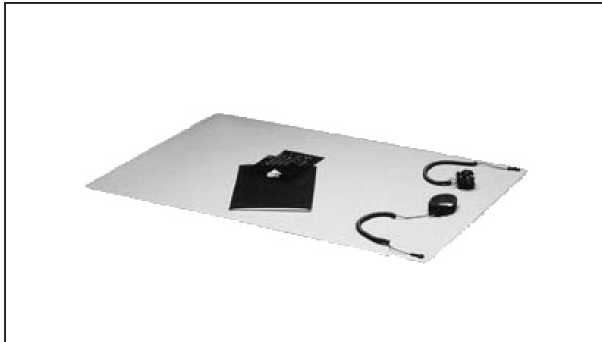
ESD-veilige tafelmatten

Geleidende matten, die u op uw werktafels kunt leggen, bestaan in alle denkbare maten en uitvoeringen. In figuur 3/8.8-24 is een model voorgesteld dat is voorzien van een aansluiting voor een armband en uiteraard een aansluiting voor de noodzakelijke aarding van de mat. De weerstand van dergelijke matten ligt ergens tussen 10^5 en 10^9 Ω per vierkante inch.

ESD-veilige bakken

De normale kunststof bakken waarin u uw onderdelen en tussenproducten verzamelt zijn uit den boze in uw EPA. Diverse fabrikanten hebben zich gespecialiseerd in de productie van alle vormen

en maten bakken, vervaardigd uit geleidend gemaakt polypropyleen. U herkent deze bakken aan hun zwarte kleur en natuurlijk de ESD-stickers.



Figuur 3/8.8-24: Met dergelijke geleidende matten kunt u uw werktafels van een ESD-veilige bovenlaag voorzien. U kunt er ook uw armbanden op aansluiten.

In figuur 3/8.8-25 hebben wij een paar van dit soort bakken verzameld. De oppervlakte-weerstand bedraagt ongeveer $10^5\ \Omega$ per vierkante inch. Ook de bekende stapelbare magazijn voorraadbakken kunt u tegenwoordig in een ESD-veilige uitvoering aanschaffen.

De aarding
In uw EPA moet u heel wat objekten met de aarde verbinden en het is dus logisch dat u zorgt voor voldoende geaarde stopcontacten. Om al die dingen te aarden is er een aantal handige hulpmiddeltjes ontwikkeld, waarvan wij er in figuur 3/8.8-26 een paar voorstellen. De aardingsverdeler (boven) stopt u in een geaarde wandcontactdoos. U krijgt dat drie aansluitingen waarop u de aardingskabeltjes (onder) kunt aansluiten. In het midden is een aardingsverdeler voorgesteld die u op een werkbank kunt monteren.



Figuur 3/8.8-25: Magazijnbakken uit geleidend polypropyleen.

De mensen

Inleiding
De mens is de belangrijkste bron van ESD. Immers, de mens beweegt vrijwel voortdurend en al die bewegingen wekken wrijving op. Wrijving is een van de voornaamste bronnen van elektrostatische spanningen. Bovendien heeft de mens, met zijn altijd aanwezig zout zweetlaagje, een zeer lage “inwendige weerstand”. Lading, in de mens aanwezig, kan zich dus via een zeer lage weerstand ontladen in gevoelige onderdelen en apparatuur.

8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen



Figuur 3/8.8-26: Een paar handige hulpmiddelen om alles dat geaard moet worden met de aarde te verbinden.

Vandaar dat u veel aandacht moet besteden aan het “ontladen” van iedereen die om wat voor reden dan ook al is het maar even in uw EPA aanwezig is. Dat geldt dus niet alleen voor de werkers in die ruimte maar ook voor toevallige bezoekers.

Polsbanden

Iedereen die werkzaamheden verricht aan ESD-gevoelige onderdelen en assemblies ***is verplicht een geaarde polsband te dragen.*** Op deze regel kunt u geen uitzonderingen toestaan! Er zijn allerlei soorten geleidende armbanden in de aanbieding, van heel eenvoudige tot heel luxe uitvoeringen. Zo kunt u zelfs polshorloges kopen, die alle eigenschappen van een ontlaadband bezitten.
In figuur 3/8.8-27 is een standaard uitvoering van een armband voorgesteld. Deze is samengesteld uit roestvrijstalen schakels die via geleidende elastische banden aan elkaar zijn gekoppeld. Op het plaatje ziet u de connector, waarmee u de armband met de aardingskabel kunt verbinden. Uiteraard is er tussen de connector en de armband een weerstand van een paar MΩ aanwezig, zodat de armband wél elektrostatische ladingen kan afvoeren, maar geen elektrocutatie tot gevolg kan hebben bij accidenteel aanraken van de fase van de netspanning. De ingebouwde weerstand begrenst dan de aardstroom op een veilige waarde.



Figuur 3/8.8-27: De standaard uitvoering van een te aarden armband.

Schoenen

Schoenen zijn uiteraard een voor de hand liggende bron waarin zich het tribo-elektrische effect kan ontwikkelen. Iedere keer als u uw voet optilt van de

vloer wordt er lading in uw schoenzool opgebouwd, die zich snel over uw lichaam verdeelt. Diverse fabrikanten brengen een uitgebreide collectie ESD-veilige schoenen op de markt, waarbij zowaar op modetrends wordt gelet. Dit schoeisel is vrij duur. Met de in figuur 3/8.8-28 voorgestelde "heel & toe grounders" kan het echter heel wat goedkoper. Zo'n grounder bestaat uit een geleidende strip met klittenband, die u strak rond uw voeten kunt wikkelen. De ingebouwde weerstand van 1 MΩ zorgt ervoor dat de lading van uw lichaam en uw schoenen snel afvloeit naar de vloer en vandaar (hopelijk) naar de aarde.



Figuur 3/8.8-28: Een "heel & toe grounder" is een goedkoop alternatief voor de dure ESD-veilige schoenen.

ESD-veilige werkkleding
Iedereen die in uw EPA werkt is verplicht ESD-veilige overkleding te dragen. Synthetische kleding is immers een beruchte bron van statische elektriciteit (trek maar eens een trui uit en hoor het vonken!) vanwege de onvermijdelijke wrijving. In figuur 3/8.8-29 hebben we een paar "uni-sex" stofjassen voorgesteld, die licht van gewicht zijn en daardoor comfortabel te dragen. In de stof zijn geleidende draadjes geweven in een raster van 4 mm, zodat plaatselijke ladingsophopingen zich in ieder geval onmiddellijk verspreiden. Die draadjes maken ook contact met uw lichaam en via de weerstand van uw huid en uw armband kan de lading afvloeien naar de aarde. Dergelijke stofjassen hebben een oppervlakteweerstand tussen 10^5 en 10^7 Ω.



Figuur 3/8.8-29: Lichte en comfortabel te dragen ESD-veilige stofjassen.

Speciale apparatuur

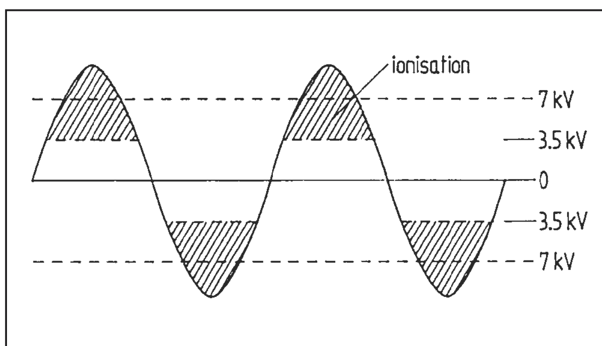
Ionisators
Door de lucht in uw EPA te ioniseren kunt u de elektrische geleidbaarheid ervan dramatisch verhogen, iets dat statische ladingen erg vervelend vinden. Het heeft weinig zin uw gehele EPA te ioniseren, want de geïoniseerde atomen in de lucht hebben tóch de neiging zich weer snel te recombineren. In figuur 3/8.8-30 hebben wij een kleine ionisator voorgesteld, die u boven een werktafel kunt hangen en via een ingebouwde ventilator geïoniseerde lucht naar uw tafelblad blaast. Op deze manier krijgt u alleen lucht met een lage weerstand op de plaatst waar die het meest van pas komt.

8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen



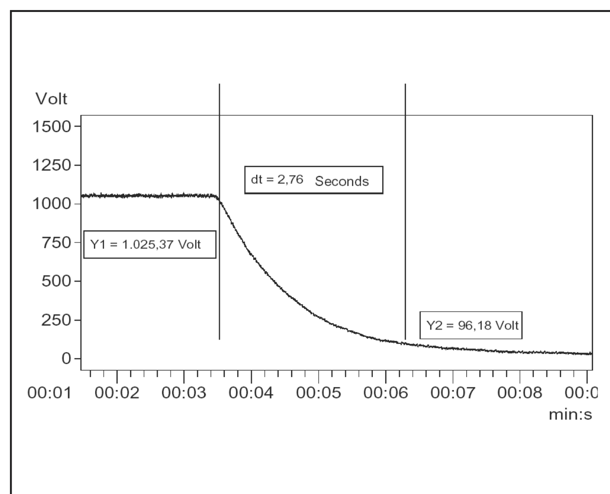
Figuur 3/8.8-30: Een kleine ionisator voorziet uw werkplek van geleidende geïoniseerde lucht.

In zo'n ionisator zit een hoogspanningsgenerator, die een mooie sinusvormige spanning genereert met een top-tot-top waarde van meer dan 15 kV, zie figuur 3/8.8-31. Deze spanning wordt aangelegd tussen twee kamvormig in elkaar grijpende metalen elektroden. Als de spanning tussen de tanden van de kam stijgt tot meer dan 3,5 kV begint de lucht tussen de tanden te ioniseren. Stabiele atomen worden door de elektrostatische krachten uit elkaar gerukt, wat overblijft zijn zware positieve ionen en lichte negatieve elektronen.



Figuur 3/8.8-31: De hoogspanning die in de ionisator wordt opgewekt en verantwoordelijk is voor de ionisatie van de lucht.

De ionen worden door een ventilator de ruimte ingeblazen en gaan op zoek naar vrije elektronen, waarmee zij zich kunnen verbinden. Op deze manier is een ionisator in staat statische ladingen, die worden veroorzaakt door vrije elektronen, van voorwerpen te verwijderen.
Dat zo'n apparaat goed werkt, bewijst figuur 3/8.8-32. De ionisator werd op 60 cm van een tot 1 kV opgeladen plaat opgesteld. In minder dan drie seconde is het apparaat in staat de statische spanning te verlagen tot 100 V.



Figuur 3/8.8-32: De werking van de ionisator toegelicht aan de hand van een voorbeeld.

Elektrometer

Met een elektrometer kunt u de statische spanning op voorwerpen ten opzichte van de aarde meten. U kunt zo'n meter echter ook prachtig gebruiken voor het testen van uw persoonlijke ESD-hygiëne. In het ESD-wereldje spreekt men vaak over een "walking test meter", een meter waarmee u kunt meten of uw vloerbedekking, uw schoenen en uw armband wel voldoende bescherming bieden. In figuur 3/8.8-33 is zo'n elektrometer voorgesteld. Een elektrometer is in feite

8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen

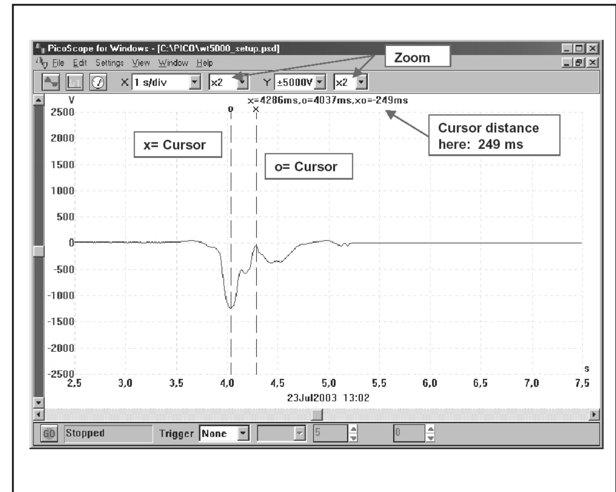
niets anders dan een voltmeter met een heel hoge ingangsimpedantie en zeer lage ingangscapaciteit, zodat statische spanningen niet onmiddellijk weglekken via de ingangskarakteristieken van de meter. Deze elektrometer, type WT5000, heeft de volgende specificaties:

- meetbereik
  -5 kV tot +5 kV
- ingangsimpedantie
  >10^{14} Ω
- ingangscapaciteit
  < 5 pF
- responstijd
  < 5 ms
- display
  logaritmisch LED-display met peakhold
- nauwkeurigheid
  5 % van de gemeten spanning



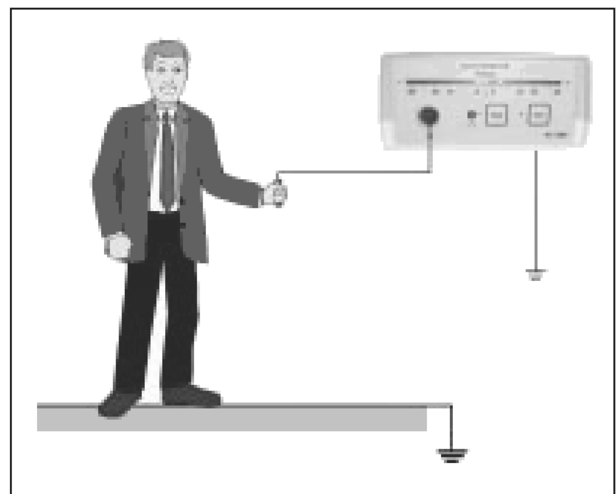
Figuur 3/8.8-33: Met een dergelijke elektrometer kunt u uw ESD-maatregelen beoordelen op doeltreffendheid.

De WT5000 heeft een USB-poort, waarmee u het apparaat met uw PC kunt verbinden. Met de bijgeleverde datalogging software, zie figuur 3/8.8-34, kunt u de meetgegevens op een eenvoudige manier loggen.



Figuur 3/8.8-34: De meetgegevens van de WT5000 op het beeldscherm van uw PC.

Het testen van uw voetbescherming en armbanden doet u aan de hand van figuur 3/8.8-35. De WT5000 heeft een netstekkervoeding maar moet rechtstreeks met de aarding van uw EPA worden verbonden. U neemt een speciale meetprobe in de hand en sluit de kabel van deze probe aan op de meetingang van het apparaat.



Figuur 3/8.8-35: Het testen van uw persoonlijke ESD-hygiëne met een elektrometer.

Door rond te lopen en de LED-schaal te observeren krijgt u een idee van de mate waarop uw lichaam in staat is de verzamelde statische lading af te voeren via vloer en/of armband.

Handheld probe

Bij het testen van uw ESD-maatregelen kunt u in feite niet buiten een goede handprobe. Een dergelijke probe bestaat, zie figuur 3/8.8-36, uit een stevige roestvrijstalen cilinder met een diameter van 25 mm en een lengte van 70 mm. Deze probe kunt u aansluiten op de meetingang van uw elektrometer. Als u deze probe stevig in uw hand houdt kunt u uw eigen statische spanning zeer nauwkeurig meten.



Figuur 3/8.8-36: Een zogenoemde “handheld probe” waarmee u uw eigen statische spanning met een elektrometer kunt meten.

Veldsterktemeter

Als er ergens in uw EPA een zeer hardnekkige bron van statische lading is en de normale maatregelen niet helpen, kan het interessant zijn een veldsterktemeter aan te schaffen. Met zo’n meter kunt u namelijk op zoek gaan naar de bron van het statisch veld. Misschien stelt u met zo’n meter vast dat die oude, trouwe monitor die al vijftien jaar meetgegevens uitleest in het geniep ladingsdragers de ruimte in sproeit. In figuur 3/8.8-37 stellen wij u de EFM51 voor, een veldsterktemeter van de moderne generatie met tweeregelig LCD-display. Het apparaat meet het elektrisch veld tussen de twee meetprobes en dat tot een maximale waarde van 800 kV/m. U kunt er ook statische spanningen mee meten, waarbij u de afstand tot de bron kunt instellen op afstanden van 1, 2, 5, 10 en 20 cm. De interne intelligentie rekent dan veldsterkte in spanning om. Het maximale meetbereik voor statische spanningen bedraagt 160 kV.



Figuur 3/8.8-37: De veldsterktemeter EFM51.

Oppervlakteweerstand meter

Tot slot van het speciale ESD-instrumentarium stellen wij in figuur 3/8.8-38 een meetapparaatje voor, waarmee u de oppervlakteweerstand van objecten kunt meten. Deze SRM110 meet de weerstand tussen twee punten op het oppervlak van een krat, een tafelblad of een vloer. Het apparaat werkt met twee meetspanningen, namelijk 10 V en 100 V. Het meet-

8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen

bereik gaat van 10^3 Ω tot en met 10^{12} Ω. De gemeten weerstand wordt aangegeven op een LED-schaaltje met twaalf meetpunten. Twee parallelle elektrodes worden meegeleverd, waarmee u de afstand tussen de twee meetpunten voor al uw metingen standaardiseert.



Figuur 3/8.8-38: Met deze weerstandsmeter meet u oppervlakteweerstanden tot 10^{12} Ω.

Werken in uw EPA

Stel een standaard procedure op

Uw EPA kan volgens de regels van de kunst zijn ingericht, als uw medewerkers er de kantjes aflopen gaan er gegarandeerd dingen mis. Het is dus ten stelligste aan te bevelen dat u een stappenplan opstelt, waaraan iedereen die in uw EPA werkt zich aan te houden heeft. Stel ook een “ESD-supervisor” aan die verantwoordelijk wordt gesteld voor de handhaving van het stappenplan.

Zo’n stappenplan zou er als volgt uit kunnen zien.

- Aantrekken van ESD-veilige stofjassen voor het betreden van de EPA en deze niet open laten hangen.
- Controle van ESD-schoeisel en polsband met snoer bij het betreden van de EPA.
- Controle van de werkplek op zuiverheid.
- Verwijder alle statisch oplaadbare materialen op en rond de werkplek.
- Invoer van onderdelen en printplaten alleen toegestaan in ESD-veilige verpakking en alleen getransporteerd op ESD-veilige trolley’s.
- Aarden van de werknemer door middel van polsband met snoer.
- Controle van de aarding van soldeerbouten.
- Assemblage en reparatie alleen met ESD-veilig gereedschap, dus geen gereedschappen toelaten die een medewerker toevallig in zijn of haar jas heeft zitten.
- Opslag van onderdelen, geassembleerde of gerepareerde printplaten uitsluitend in een goede shielding verpakking of ESD-veilige transportbak.

Controles

Het is aan te bevelen regelmatige controles uit te voeren op het naleven van uw richtlijnen.

Controleer dagelijks alle medewerkers op:

- polsbanden;
- schoeisel;
- jassen (dicht dragen!).

Controleer elke drie maanden via uw ESD-coördinator:

- de vloeren;
- de werktafels;
- de stoelen;
- alle karretjes;
- alle opbergkasten;
- all kleding;
- waarschuwingslabels en borden;
- het in uw EPA gebruikte gereedschap.

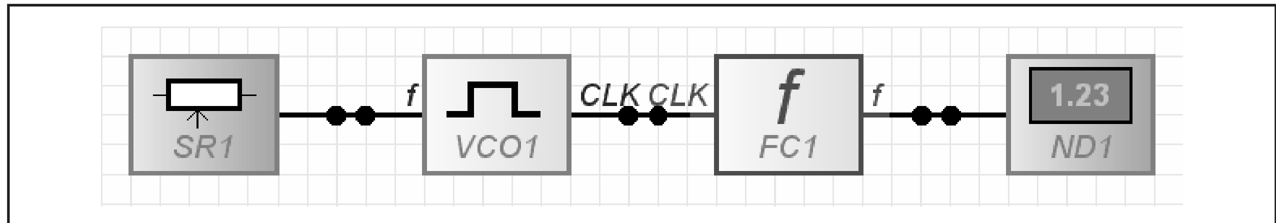
8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen

Meer informatie

De in dit hoofdstuk voorgestelde producten en apparaten worden verkocht door:

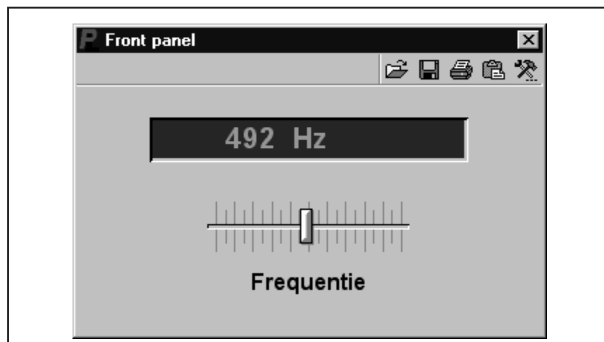
ROMEX BV
Postbus 129, 3910 AC Rhenen
Telefoon: 0317-39.87.87
Fax: 0317-39.87.80
E-mail: info@romex.nl
Internet: www.romex.nl

8.9 Software voor de ontwerper



Figuur 3/8.9.27-42: Rond de Frequency Counter FC kunt u snel een échte frequentiemeter opbouwen.

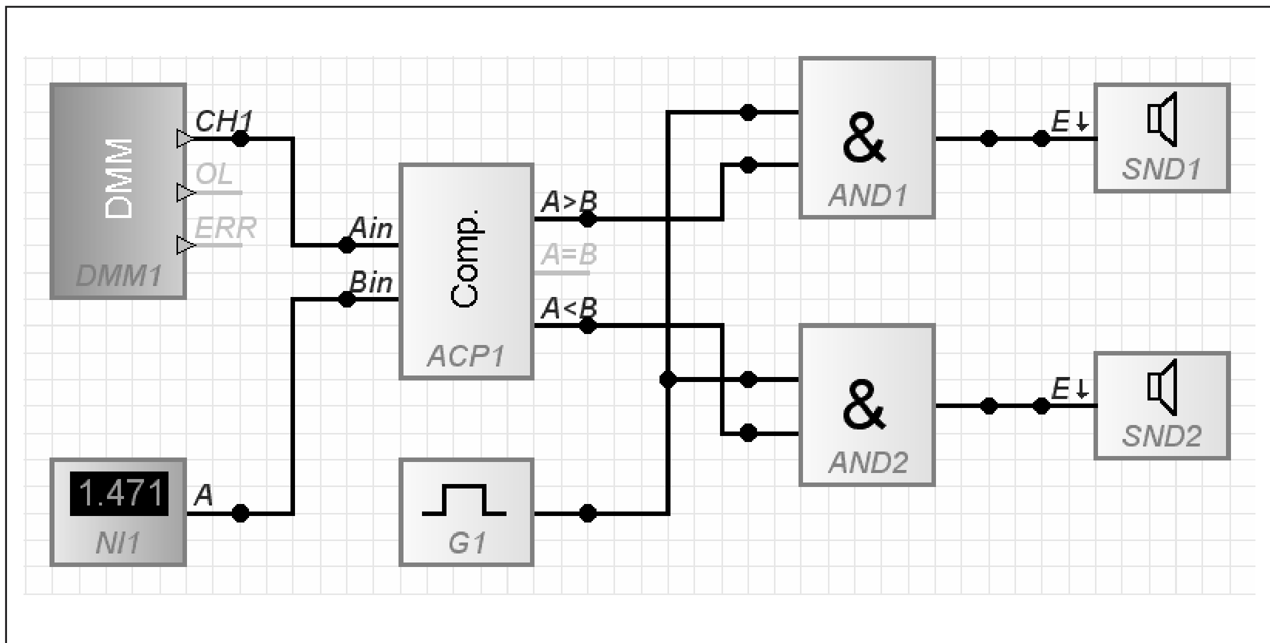
ken commentaar! Dergelijke hypermoderne systemen ontwerpt u dus met een programmaatje van nog geen € 100,00!



Figuur 3/8.9.27-43: Het frontplaatje van de frequentiemeter van figuur 3/8.9.27-42.

Laten we even een praktisch voorbeeld behandelen. Stel dat u voor een klant honderd printjes heeft gemaakt die u een na een moet afregelen. Het is de bedoeling dat u een tienslagen instelpotentiometer moet afregelen tot de spanning op een bepaald punt gelijk is aan 3,24 V. U kunt natuurlijk een digitale meter op dat punt aansluiten en de meter in de gaten houden terwijl u afregelt. Maar u weet hoe dat gaat: als u uw ogen focust op de meter schiet het afregelschroevendraaiertje steeds weer uit de gleuf van de potentiometer.
Laten wij nu eens met ProfiLab een systeem ontwerpen dat u met de gesproken commando's "te laag" en "te hoog" begeleidt bij deze afregelklus. U moet even wat voorbereidend werk doen. Sluit een microfoon aan op de microfooningang van uw geluidskaart en spreek deze teksten in. Bewaar ze als WAV-bestand. Sluit vervolgens een digitale universeelmeter met PC-interface aan op uw computer (zie later). Bouw binnen ProfiLab het schema van figuur 3/8.9.27-44 op.
Hart van de schakeling is de reeds bekende Comparator (analogue) ACP1. Op een van de ingangen van deze comparator wordt de Digital Multimeter DMM1 aangesloten (zie later). Op de tweede ingang zet u een nieuw component, namelijk een Numerical Input NI1. Dit is in feite niets meer dan een grootheidbron, waarmee u de waarde van de grootheid heel nauwkeurig via uw toetsenbord kunt invoeren. De uitgangen A>B en A<B van ACP1 gaan via AND-poorten AND1 en AND2 naar de Sound Modules SND1 en SND2. De tweede ingang van de poorten gaan naar de Pulse (1 Hz tot 1 kHz) G1. Stel deze in op een frequentie van 2 Hz. Via de "Properties"-vensters van SND1 en SND2 koppelt u deze modules aan uw twee WAV-bestanden.
Draai het project en voer voor NI1 via het toetsenbord een numerieke waarde van 3,24 in. De DMM1 zal namelijk een numerieke waarde van 3,24 leveren aan ProfiLab als hij een spanning van 3,24 V meet. Sluit uw "echte" universeelmeter aan op het testpunt. U hoort nu snel achter elkaar de woorden "te laag - te laag - te laag" of "te hoog - te hoog - te hoog".

8.9 Software voor de ontwerper

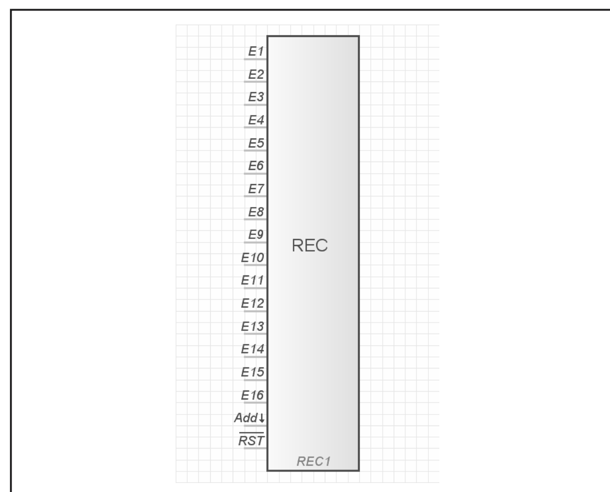


Figuur 3/8.9.27-44: Met dit schema kunt u een systeem ontwerpen dat u met de gesproken commando's "te laag" en "te hoog" helpt bij het snel afregelen van identieke printen.

U kunt nu uw tienslagen instelpotentiometer afregelen tot het systeem van de ene naar de andere melding omschakelt. De werking is heel eenvoudig. Als de uitgangen A>B of A<B "H" worden zal de SND die met deze uitgang verbonden is met een frequentie van 2 Hz gaan pulsen. Bij iedere negatieve sprong zal de Sound Module uw tekst "uitspreken".

Data Recorder

Met de in figuur 3/8.9.27-45 voorgestelde Data Recorder REC schrijft u een tot zestien analoge signalen rechtstreeks naar een TXT-bestand op uw harde schijf. Een record wordt uitgevoerd op de negatieve flank van de ingang Add. Iedere regel van het TXT-bestand bevat alle gegevens onder numerieke vorm, gescheiden door punt-komma's. U kunt het bestand dus zonder meer in bijvoorbeeld Excell inlezen. Desgewenst kunt u aan iedere regel de tijd en de datum van de meting toevoegen. Het opbouwen van een nieuw bestand start bij een negatief signaal op $\overline{RST}$.



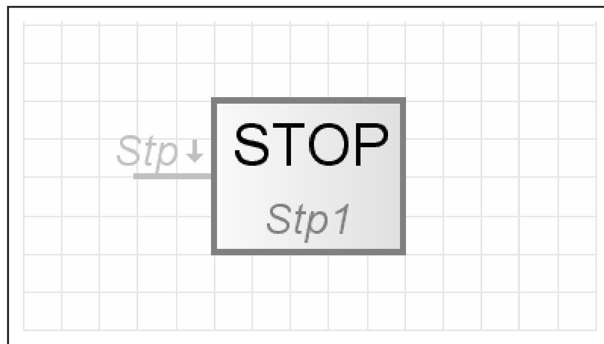
Figuur 3/8.9.27-45: Met deze Data Recorder REC kunt u maximaal 16 analoge signalen rechtstreeks naar een bestand op uw harde schijf schrijven.

Zolang dit signaal "L" blijft worden er echter geen metingen geregistreerd. Dat

gebeurt alleen op de negatieve flank van Add en als RST "H" wordt. Iedere keer als RST naar "L" wordt gestuurd zal het systeem een nieuw bestand aanmaken. De namen van de bestanden worden automatisch doorgenummerd, tenzij u de optie "Overwrite File" aanvinkt. Dan wordt steeds hetzelfde bestand gebruikt en wordt het oude uiteraard overschreven.

Stop

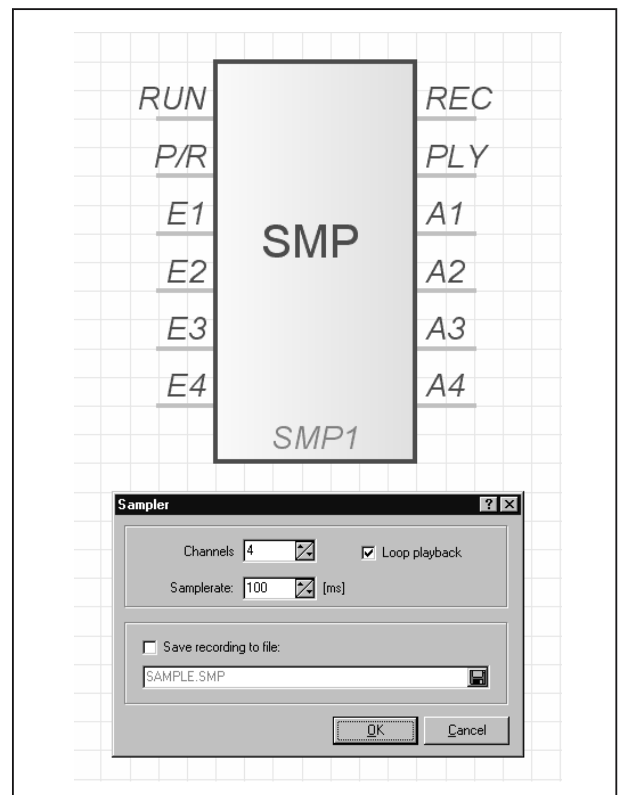
Dit component, voorgesteld in figuur 3/8.9.27-46, werk eenvoudig. Als u aan de ingang Stp een dalende flank legt, stopt ProfiLab met het runnen van uw project.



Figuur 3/8.9.27-46: Met deze Stop kunt u het runnen van uw project automatisch onderbreken.

Sampler

Alweer zo'n onschuldig uitziend blokje, zie figuur 3/8.9.27-47, met heel veel mogelijkheden. Met deze Sampler SMP kunt u maximaal zestien analoge signalen E1 tot en met E16 opslaan in het werkgeheugen van uw PC, eventueel opslaan in een bestand, maar ook weer "afspelen" via de uitgangen A1 tot en met A16! De functies Record en Playback worden gecontroleerd door de digitale ingangen RUN en P/R. Zolang RUN "H" is wordt ofwel opgenomen, ofwel afgespeeld. Als P/R "H" is wordt opgenomen, als deze ingang "L" is wordt afgespeeld. De digitale uitgang REC is "H" in de RECORD-mode, de digitale uitgang PLAY is "H" in de PLAYBACK-mode.

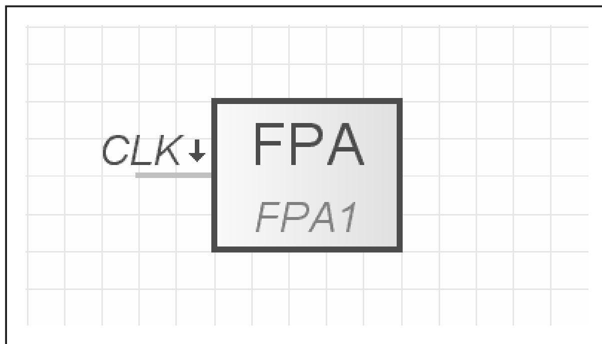


Figuur 3/8.9.27-47: Met deze Sampler kunt u analoge signalen opnemen en nadien weer afspelen. Onder het component ziet u het venster "Properties".

Front Panel Activate

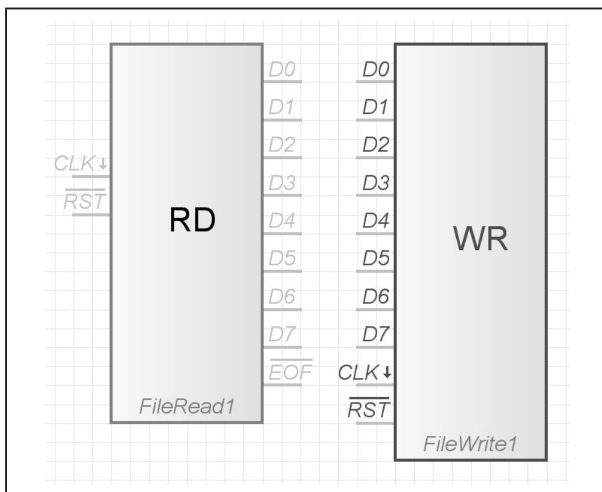
U kunt ieder project voorzien van diverse frontplaten. Op iedere frontplaat kunt u de componenten anders plaatsen en eventueel een ander uiterlijk geven. Iedere frontplaat krijgt een nummer. Met het component FPA, voorgesteld in figuur 3/8.9.27-48, kunt u overschakelen van het ene naar het andere frontplaat ontwerp. Het component reageert op de

dalende flank van het ingangssignaal CLK.



Figuur 3/8.9.27-48: Met Front Panel Activate kunt u automatisch overschakelen van de ene naar de andere frontplaat.

File - Read/Write Bytes
Met de twee digitale componenten RD en WR, zie figuur 3/8.9.27-49, kunt u bytes van en naar een bestand op uw harde schijf schrijven.

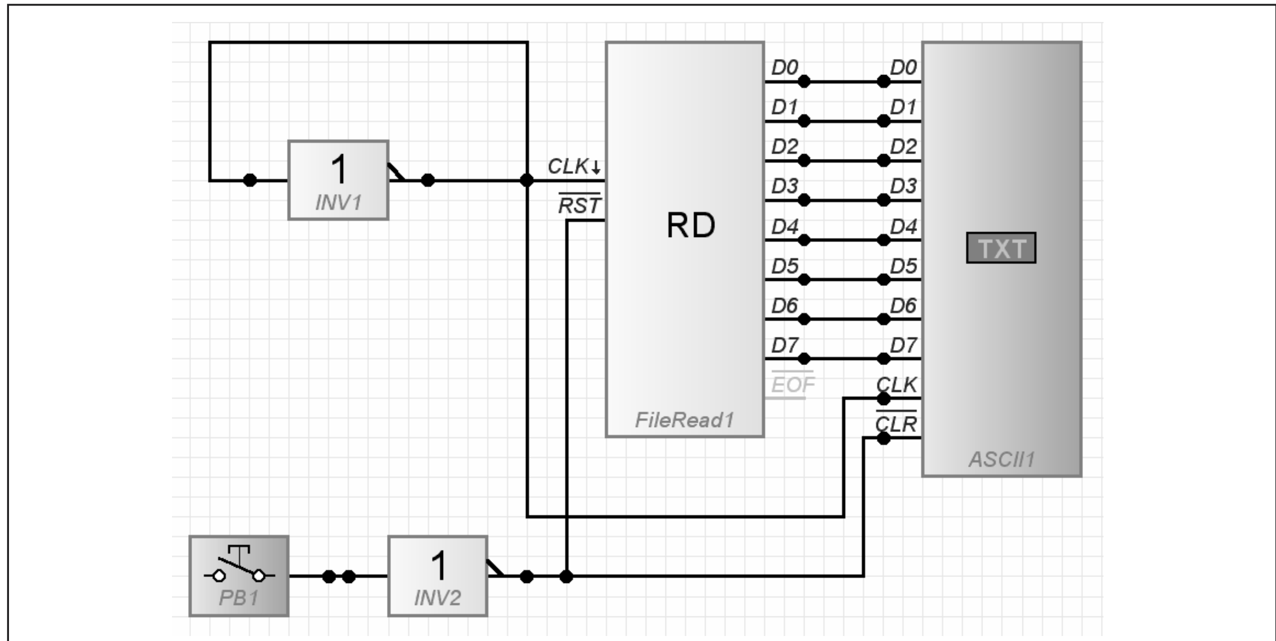


Figuur 3/8.9.27-49: Met de digitale componenten RD en WR kunt u bytes uit een bestand opvragen of bytes in een bestand opslaan.

Beide componenten hebben acht ingangen (anders zou het niet over bytes gaan) en het zal u duidelijk zijn dat de in- en uitgangen alleen geschikt zijn voor het verwerken van digitale signalen. Bij WR wordt een set data naar het bestand geschreven bij een dalende flank van CLK. Een “L” op de ingang $\overline{\text{RST}}$ wist alle gegevens uit het bestand, oftewel alle velden worden op “L” gezet. Bij RD leest de dalende flank van CLK één byte uit het bestand. Uiteraard houdt het systeem een teller bij, zodat bij iedere flank de volgende byte wordt uitgelezen. De uitgang EOF wordt “L” als het laatste byte wordt uitgelezen. Ook nu reset een “L” op $\overline{\text{RST}}$ de inhoud van het bestand.

ASCII Display
Onze presentatie van de componenten RD en WR was een noodzakelijke inleiding om het ASCII Display ASCII voor te stellen. Met dit onderdeel kunt u een zuivere ASCII-tekst in een display op de frontplaat zetten. De tekst wordt karaktergewijs aangeleverd op de acht ingangspennen D0 tot en met D7. Waar haalt u die tekst vandaan? Bijvoorbeeld van een TXT-bestand op uw harde schijf. Natuurlijk heeft u dan het onderdeel RD nodig dat het bestand van uw harde schijf haalt en het karakter na karakter op het ritme van CLK naar het ASCII Display stuurt. In figuur 3/8.9.27-50 hebben wij het schema voorgesteld.
Als clockgenerator hebben wij gebruik gemaakt van een teruggekoppelde inverter INV1. Dit grapje kunt u ook met “echte” onderdelen uithalen. Door de poortvertraging zal het uitgangssignaal iets vertraagd verschijnen. Dit signaal verschijnt weer op de ingang en verschijnt geïnverteerd met enige vertraging op de uitgang. De poort wekt dus een blokspanning op waarvan de frequentie wordt bepaald door de vertraging van de poort.

8.9 Software voor de ontwerper



Figuur 3/8.9.27-50: Met deze schakeling leest u tekstbestanden van uw harde schijf naar een alfanumeriek display op de frontplaat.

De programmeurs van Abacom hebben alle digitale schakelingen voorzien van een kleine vertraging tussen ingangsactie en uitgangsreactie om de "echte" wereld zo goed mogelijk na te bootsen. Vandaar dat u dit truukje ook in ProfiLab kun toepassen. Als u op de drukknop PB1 drukt wordt $\overline{RST}$ van FileRead1 en $\overline{CLR}$ van ASCII1 "L", met als gevolg dat de inhoud van ASCII1 wordt gewist en FileRead1 het geselecteerde bestand opnieuw inleest.
Een ander nieuw onderdeel dat wij u hier voorstellen is de drukknop PB1. De werking is eenvoudig. Als u de knop indrukt wordt de uitgang "H", in vrije positie is de uitgang "L".
De frontplaat van deze schakeling is voorgesteld in figuur 3/8.9.27-51.

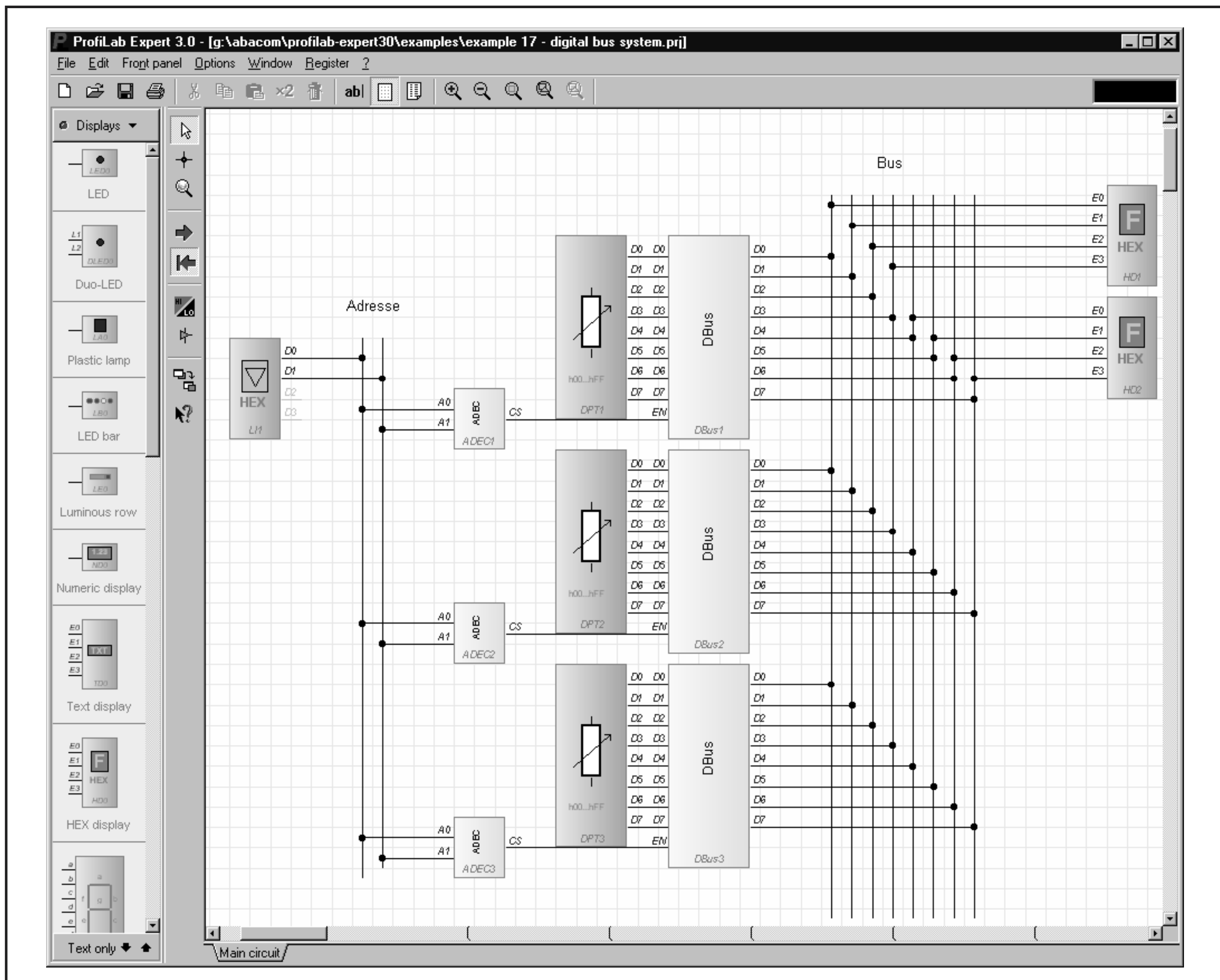
Conclusie
Wij hebben u in deze uitgebreide paragraaf kennis laten maken met een deel van de beschikbare componenten in ProfiLab. Wij kunnen het echter niet genoeg benadrukken: niet alle besproken componenten staan ter beschikking in de twee goedkopere versies DMM ProfiLab en Digital ProfiLab!



Figuur 3/8.9.27-51: De frontplaat van de schakeling van figuur 3/8.9.27-50.

U zult het ongetwijfeld met ons eens zijn dat de programmeurs van Abacom een

8.9 Software voor de ontwerper



Figuur 3/8.9.27-52: De werkomgeving van de ProfiLab's.

prachtige prestatie hebben geleverd. De mogelijkheden die u als inventieve elektronicus krijgt zijn werkelijk adembenemend!

Het werkvenster

Inleiding

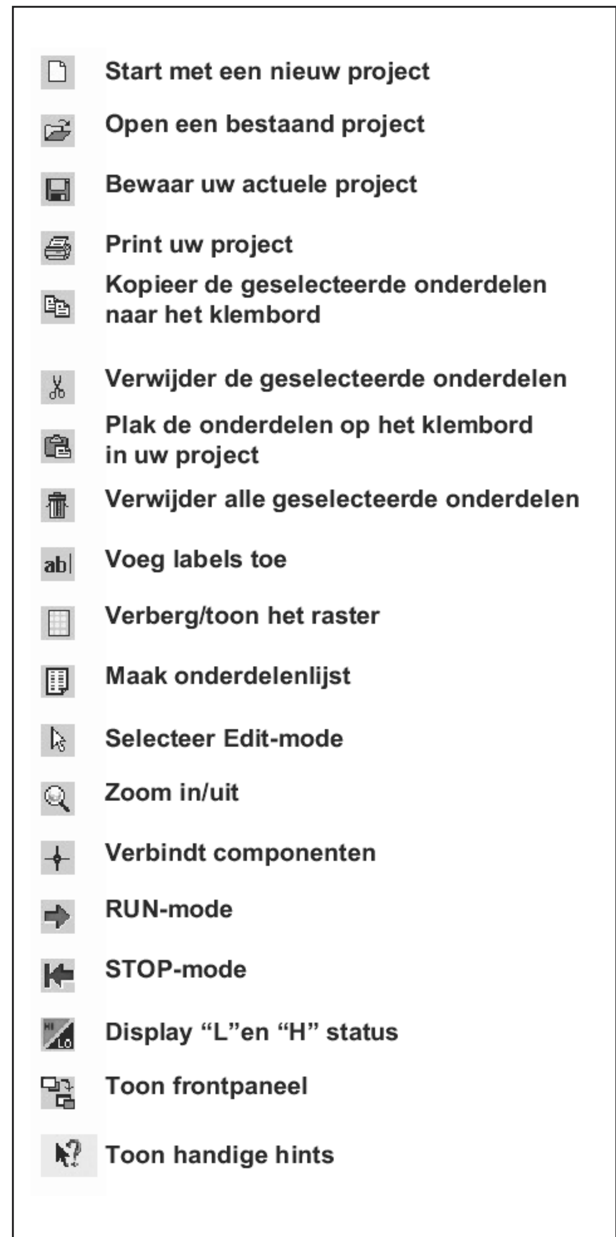
Wij hebben u in de vorige paragraaf in het kort duidelijk gemaakt hoe u met de ProfiLab's kunt werken. In deze paragraaf gaan wij alle mogelijkheden langs die het werkvenster u biedt. In figuur 3/8.9.27-52 is dit venster van de ProfiLab's voorgesteld met een schema ingeladen. Dit schema is een van de ongeveer 25 voorbeelden die Abacom meelevert. Deze voorbeelden geven u een goede basis om met het programma te leren werken.

De toolbalken

Onder de menubalk, die de standaard menu's van vrijwel alle Windows-programma's bevat, ziet u een horizontale en een verticale toolbalk met in totaal 19 knoppen die de meest gebruikte func-

ties oproepen. In figuur 3/8.9.27-53 ziet u een overzicht van de functies van die knoppen. De meeste knoppen zult u wel zonder nadere verklaring begrijpen, maar een paar verdienen nadere toelichting.

- Kopieer geselecteerde componenten naar het klembord:
  Deze functie exporteert niet naar andere Windows-applicaties, maar alleen naar een ander tekenvel in ProfiLab.
- Voeg labels toe:
  Met deze knop kunt u teksten op uw tekenvel plaatsen.
- Verberg/toon raster:
  Schakelt het raster, waarop de componenten inklikken, aan of uit.
- Maak onderdelenlijst:
  Met deze functie maakt ProfiLab een lijstje aan van alle onderdelen die in uw project aanwezig zijn. Deze lijst kunt u als TXT-bestand bewaren en in bijvoorbeeld uw tekstverwerker bewerken.
- RUN-mode:
  Met deze knop start uw project op, u kunt het project niet meer editten, maar via de frontplaat bedienen.
- STOP-mode:
  U kunt uw project verder bewerken.
- Display “L” en “H” status:
  Een zeer handige functie, als u deze knop aanklikt en het project runt, dan worden alle signaallijnen die “H” zijn rood weergegeven en alle signaallijnen die “L” zijn zwart.
- Toon frontpaneel:
  Zet het frontpaneel op uw scherm.
- Toon handige hints:
  Als u deze knop indrukt verschijnen pop-up venstertjes met gegevens over het onderdeel als u met de muis een component aanwijst.



Figuur 3/8.9.27-53: De 19 knoppen van de twee toolbalken.

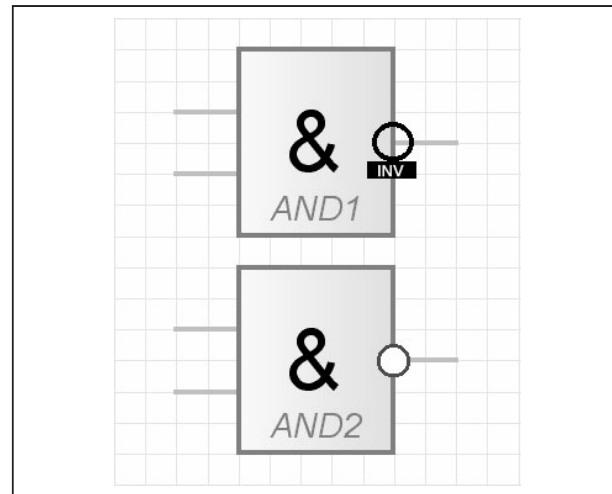
Werken met componenten

Componenten zet u op het tekenvel door ze met de linker muisknop in de bibliotheek aan te klikken, naar het tekenvel te slepen en dan weer te klikken. U kunt reeds geplaatste componenten natuurlijk altijd “oppakken” met de muis en verplaatsen. Als u alle componenten

heeft geplaatst kunt u de verbindingslijnen aanbrengen met de knop "Verbindt componenten". U klikt met de linker muisknop op het begin van een verbinding, sleept de muis naar het einde (of een hoekpunt) en klikt weer met links. Een klik op de rechter muisknop beëindigt de verbinding. ProfiLab brengt automatisch een verbinding tot stand als twee lijnen elkaar raken of overlappen. Kruist u een bestaande lijn, dan wordt geen verbinding gemaakt. Wilt u wél een verbinding, dan moet u even met de linker muisknop op de reeds bestaande lijn klikken bij het aanleggen van de nieuwe lijn.
U hoeft niet per sé over te schakelen naar de functie "Verbindt componenten". Als u in de Edit-mode met de muis op het uiteinde van een aansluiting van een component gaat staan, verandert de cursor in een cirkeltje. U kunt dan, met ingedrukte linker muisknop, onmiddellijk vanaf deze aansluiting een verbindingslijn tekenen.

Omwisselen van in- en uitgangen
Standaard staan alle ingangen links en alle uitgangen rechts. Via het reeds in figuur 3/8.9.27-13 voorgestelde pop-up venster (met rechter muisknop op een geselecteerd component klikken) kunt u via de optie "Rotate" de ingangen rechts zetten en de uitgangen links. Het is echter niet mogelijk een component over 90° te draaien.

Digitale uitgangen inverteren
Als u met de muis op de uitgang van een digitaal component gaat staan verandert de cursor in een cirkeltje met daaronder de tekst "INV". Als u nu met de linker muisknop klikt, wordt de functie van de uitgang geïnverteerd, zie figuur 3/8.9.27-54. Een handige, maar ook een gevaarlijke functie. Voor iemand die deze eigenaardigheid van ProfiLab niet kent en uw schema ziet, is het nogal verwarrend om het symbool van een AND te zien met een inversie-bolletje aan de uitgang!

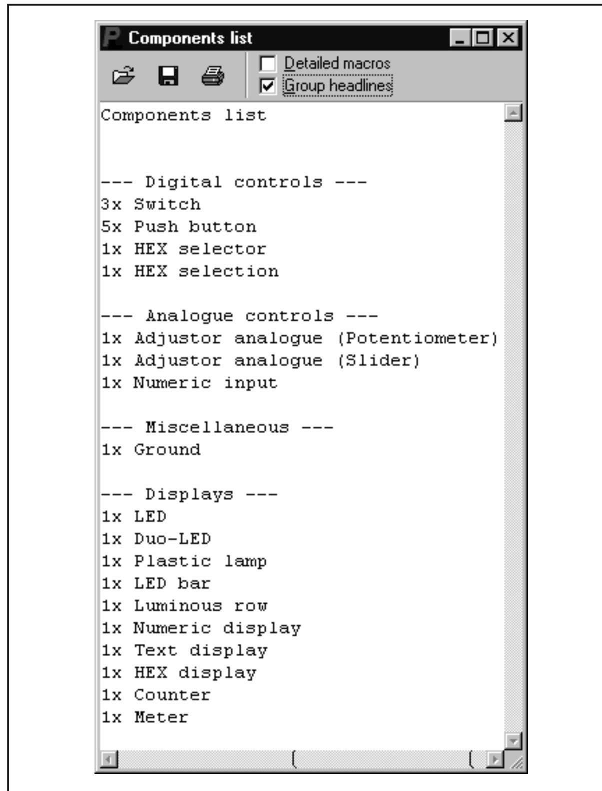


Figuur 3/8.9.27-54: U kunt met één klik van de muis een digitale uitgang inverteren.

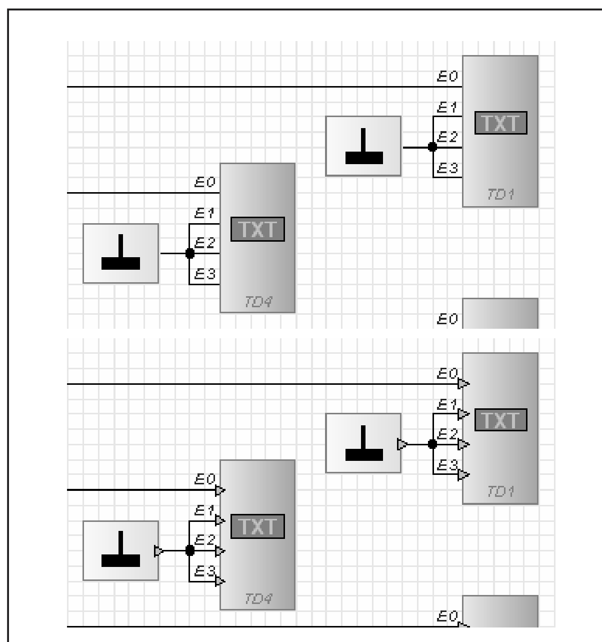
Onderdelenlijst
Als uw project helemaal klaar is kunt u door de functie "Maak onderdelenlijst" te activeren een compleet overzicht van alle gebruikte onderdelen genereren, zie figuur 3/8.9.27-55. Als u de optie "Group headlines" aanvinkt worden de componenten netjes ingedeeld naar categorie.

Show Pin Status
In de allernieuwste productie-run van de CD-ROM's van de programma's is de toolbar uitgebreid met een knop "Show Pin Status".
Als u deze functie activeert ziet u aan de hand van pijltjes hoe de signalen door uw schema lopen, zie figuur 3/8.9.27-56.

8.9 Software voor de ontwerper



Figuur 3/8.9.27-55: Een voorbeeld van de onderdelenlijst.



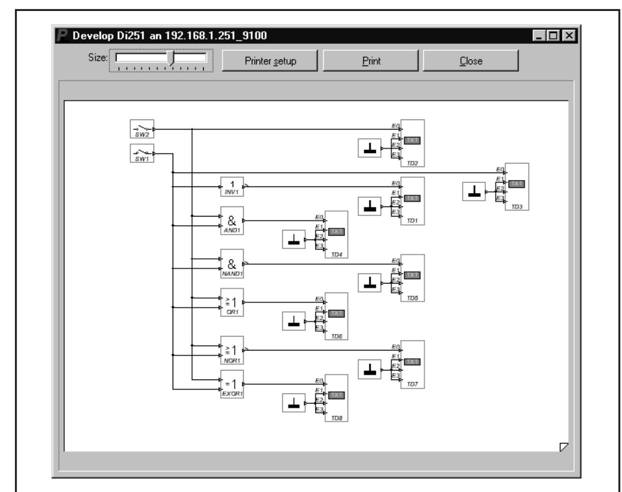
Figuur 3/8.9.27-56: Een deel van een schema zonder (boven) en met (onder) “Show Pin Status”.

Simulation Cycles Per Second

Als u uw project runt ziet u rechts boven in het venster van ProfiLab een getal dat blijkbaar een frequentie aangeeft. Dat is de clockfrequentie waarmee het project wordt gerund. Deze frequentie is zeer belangrijk als u externe apparatuur koppelt aan ProfiLab. De “Simulation Cycles Per Second” moet minstens twee keer hoger zijn dan de clockfrequentie waarmee de externe apparatuur gegevens naar uw PC uitleest. Is dat niet het geval, dan loopt u het risico dat niet alle gegevens van uw meetinstrument door ProfiLab worden ontvangen.

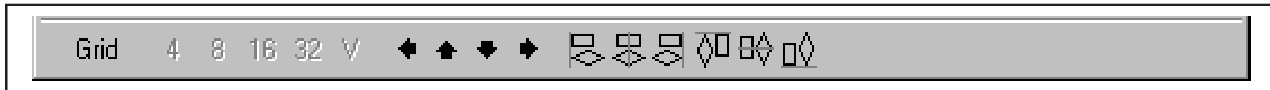
Uw project printen

ProfiLab heeft een eenvoudig, maar functioneel printvenster, zie figuur 3/8.9.27-57. U kunt met de potentiometer “Size” de schaal van het schema veranderen.



Figuur 3/8.9.27-57: Het functionele printvenster van de ProfiLab’s.

Het schema wordt altijd gecentreerd op de pagina afgedrukt. Wat opvalt is de uitstekende kwaliteit van de afdruk. Als u een klein schemaatje extreem uitvergroot tot het een vel A4 vult, dan zien



Figuur 3/8.9.27-58: De knoppenbalk waarmee u uw frontplaat kunt editten.

alle onderdelen er nog steeds perfect uit. Een logisch gevolg van het feit dat ProfiLab de onderdelen niet als pixelgrafiek, maar als vectorgrafiek aanbiedt.

Het frontpaneel

Inleiding

Als u componenten naar uw tekenvel sleept die een symbool hebben op het frontpaneel, dan zet ProfiLab dit symbool links boven neer. Het gevolg is dat er meestal symbolen over elkaar heen staan. Gelukkig kunt u alles dat ProfiLab op het frontpaneel zet op een snelle manier editten.

Onder in het venster van de frontplaat ziet u een aantal knoppen, die zijn voorgesteld in figuur 3/8.9.27-58.

Links ziet u de knop “Grid”. Als deze niet is ingedrukt kunt u alle onderdelen met de muis naar een willekeurige plaats op het frontpaneel slepen. Klikt u deze knop aan, dan wordt een onzichtbaar raster over het frontplaatje geprojecteerd en kunt u de onderdelen alleen van punt naar punt van dit raster slepen. U kunt de resolutie van dit raster instellen op 4, 6, 16 en 32 pixels. Als u de knop “V” indrukt, wordt het raster zichtbaar gemaakt zolang u de knop indrukt. Waarom de programmeurs van Abacom niet de mogelijkheid bieden dit raster constant in beeld te krijgen, net zoals in het venster van ProfiLab, mag een raadsel heten.

Met de vier pijltjesknoppen kunt u een of meerdere geselecteerde componenten gridsgewijs verplaatsen in de aangegeven richting. Heeft u het raster uitgeschakeld dat kunt u met deze pijltjes de onderdelen pixel per pixel verplaatsen.

Rechts ziet u zes uitlijningssymbolen waarmee u twee of meerdere componenten kunt uitlijnen en wel:

– links uitlijnen;
– verticaal centreren;
– rechts uitlijnen;
– boven uitlijnen;
– horizontaal centreren;
– onder uitlijnen.

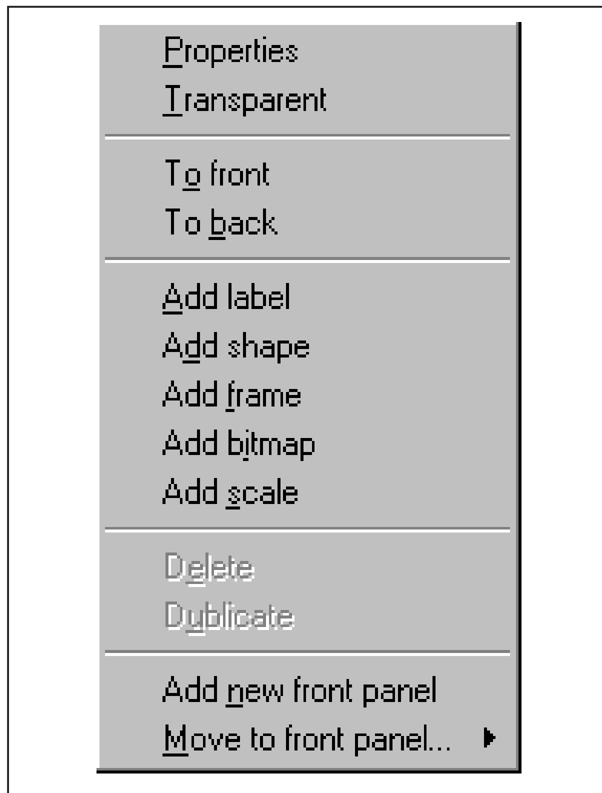
Met deze tools zal het u niet veel moeite kosten om de layout van uw frontplaten perfect te verzorgen.

Pop-up menu

Als u met de rechter muisknop ergens op de frontplaat klikt verschijnt het pop-up menu van figuur 3/8.9.27-59. Met dit menu krijgt u toegang tot extra opties voor het verfraaien van uw frontpaneel.

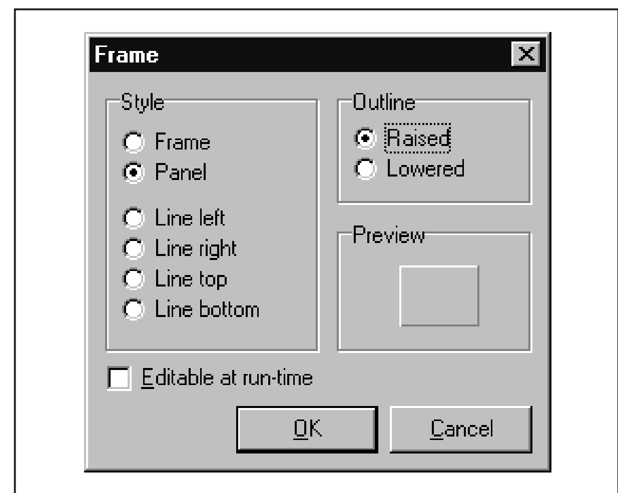
– Properties:
  Deze optie heeft u vaak nodig, want er zijn veel componenten waarvan u de eigenschappen niet in het werkvenster van ProfiLab, maar in het venster van de frontplaat moet instellen.
– Transparant:
  Een handige optie als u bijvoorbeeld een frame aanbrengt (zie later) over andere componenten. Maakt u het frame transparant, dan ziet u de onder het frame verborgen onderdelen weer verschijnen.
– To front en To back:
  Ook alweer handig als componenten elkaar overlappen, u kunt de gewenste “volgorde in de diepte” instellen.

8.9 Software voor de ontwerper



Figuur 3/8.9.27-59: In dit pop-up menu treft u dertien opties aan die u helpen uw frontpaneel in te richten.

– Add label:
Hiermee kunt u teksten invoegen. Met een rechter muisklik op de tekst kunt u de eigenschappen (inhoud, soort letter, lettergrootte, kleur) instellen.
– Add shape:
Hiermee kunt u geometrische patronen, zoals cirkels, ellipsen en vierkanten aanbrengen. U kunt de shape editten door er met de rechter muisknop op te klikken.
– Add frame:
Met deze optie kunt u horizontale lijnen, verticale lijnen en kaders op de frontplaat zetten. Dat Abacom u zelfs bij zoiets in wezen onbenulligs als een kadertje heel veel mogelijkheden biedt, bewijst figuur 3/8.9.27-60, waar het instelvenstertje voor een frame is weergegeven.
– Add bitmap:
Geeft u de mogelijkheid illustraties op uw frontplaat aan te brengen, handig als u uw bedrijfslogo wilt opnemen! De optie ondersteunt echter alleen BMP's.
– Add scale:
Met deze optie kunt u extra schaalindelingen aanbrengen.



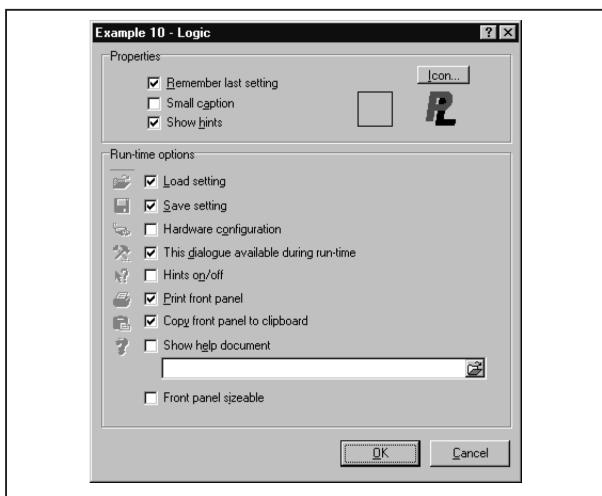
Figuur 3/8.9.27-60: Het instelvenster van de optie "Add frame".

Meer dan één frontplaat

U kunt uw project voorzien van meer dan een frontplaat. Met de optie "Add new front panel" uit figuur 3/8.9.27-59 maakt u zo'n nieuwe frontplaat aan. De extra frontplaten krijgen nummers en tab's in het venster van uw eerste frontplaat. Door met de rechter muisknop op dit nummer te klikken kunt u een eigen naam toekennen.
Met de optie "Move to front panel ..." uit figuur 3/8.9.27-59 kunt u geselecteerde componenten verplaatsen naar een andere frontplaat.
Als u uw project runt kunt u nog steeds omschakelen tussen de frontplaten.

Front panel Properties

In de linker bovenhoek van het frontpaneel ziet u een pictogram met gereedschappen. Hierop klikken opent het venster “Front panel Properties” van figuur 3/8.9.27-61. Deze instellingen zijn belangrijk voor de manier waarop een project wordt gerund.



Figuur 3/8.9.27-61: Het venster “Front panel Properties”.

- Remember last setting:
  Slaat alle standen van de bedieningsorganen op, bij het opnieuw runnen van het project wordt met deze instellingen gestart.
- Small caption:
  De frontplaat wordt weergegeven zonder pictogram.
- Show hints:
  Activeert de reeds besproken optie waarbij een pop-up venstertje verschijnt als u met de muis een onderdeel aanwijst.
- Load setting:
  Met deze optie kunt u, tijdens het runnen, eerder opgeslagen instellingen van de bedieningsorganen importeren.
- Save setting:
  De momentele instellingen kunnen worden bewaard in een EST-bestand.
- Hardware configuration:
  Laat toe tijdens een run de instellingen van de externe hardware te wijzigen, bijvoorbeeld een andere COM-poort te selecteren.
- This dialogue available during run-time:
  Tijdens een run krijgt u toegang tot het venster van figuur 3/8.9.27-61.
- Hints on/off:
  Schakelt de weergave van de hints tijdens een run aan of uit.
- Print front panel:
  U kunt het frontpaneel tijdens een run afdrukken.
- Copy front panel to clipboard:
  De gebruiker kan tijdens een run een screenshot maken van uw frontpaneel.
- Show help document:
  De gebruiker kan tijdens een run help oproepen, u moet de filenaam van het helpbestand invoeren. Dit kan een HLP- of een CHM-bestand zijn.
- Front panel sizeable:
  U kunt tijdens een run de afmetingen van het frontpaneel wijzigen.
- Icon
  Als u op dit symbooltje klikt kunt u een ICO-bestand selecteren dat wordt opgenomen in de titelbalk van uw frontplaat.

De frontplaat bedienen

Tijdens een run kunt u uiteraard alle knoppen bedienen. Eerst klikt u met de linker muisknop op het betreffende onderdeel, u ziet een rood pijltje verschijnen. Schakelaars bedient u door er met de linker muisknop op te klikken. Draai- en schuifpotentiometers kunt u met het muiswiel verdraaien of verschuiven of

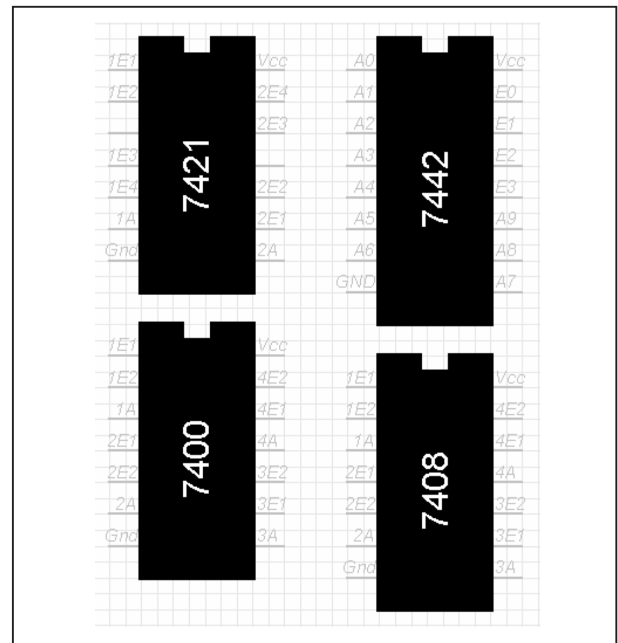
gewoon door de muis heen en weer te bewegen.

Werken met macro’s

Inleiding
Macro’s zijn deelschema’s met in- en uitgangen, die u in ProfiLab als één component kunt importeren. Alle macro’s worden voorgesteld onder de vorm van een DIL-IC. As u dus ergens in een ProfiLab schema een dual-in-line IC ziet staan, dan weet u dat daarachter een macro verborgen zit.
Het zal u wel duidelijk zijn dat de mogelijkheid eigen macro’s te ontwerpen een uiterst krachtige functie van de ProfiLab’s is. U kunt er ingewikkelde schema’s zeer overzichtelijk mee maken door standaard functies, die bijvoorbeeld tien componenten hebben, “samen te vatten” in een macro met één in- en één uitgang.

TTL-macro’s
ProfiLab wordt uitgeleverd met dertien macro’s van TTL-IC’s. U kunt deze op het tekenvel zetten via de optie “Macros” in de onderdelenbibliotheek. In figuur 3/8.9.27-62 hebben wij vier van deze TTL-macro’s verzameld.

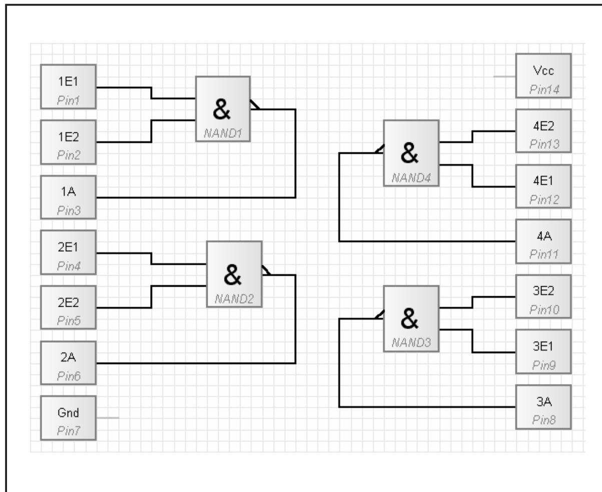
Eigenschappen van macro’s
In een macro kunt u alle componenten opnemen die ter beschikking staan, dus ook potentiometers en schakelaars. Deze worden op het frontplaatje gezet als u de macro naar uw tekenvel sleept.
U kunt deze macro echter niet bewerken. U ziet immers niets anders dan een DIL-IC. Gelukkig bestaat er wél een speciale mogelijkheid om macro’s te editten.



Figuur 3/8.9.27-62: Vier van de dertien macro’s die worden meegeleverd.

Macro’s bewerken
Eerst een belangrijke opmerking. Als u een macro naar het tekenvel sleept, neemt ProfiLab **EEN KOPIE** van deze macro in uw schema op. Als u deze macro vervolgens gaat bewerken, gelden deze bewerkingen alleen voor de kopie in uw schema. De originele macro op uw harde schijf verandert dus niet.
Klik met de rechter muisknop op de macro. In het pop-up menu ziet u als laatste optie “Edit macro”. Als u hierop klikt wordt het tekenvel vervangen door het “Edit Macro Sheet”. In figuur 3/8.9.27-63 hebben wij bijvoorbeeld de macro “7400” op deze manier geopend.
U ziet uiteraard de vier NAND-poorten waaruit de 7400 bestaat en 14 zogenoemde “Macro Pin’s”. Wij komen daar later op terug. Nadat u de wijzigingen heeft aangebracht drukt u op “CTRL-F4”. De wijzigingen worden opgenomen in **DE KOPIE** van de macro en u komt weer in het tekenvel van uw schema.

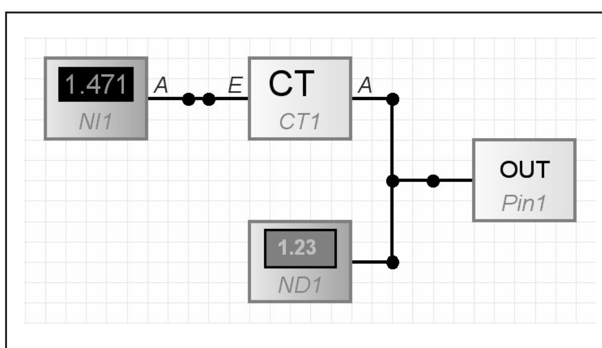
8.9 Software voor de ontwerper



Figuur 3/8.9.27-63: De inhoud van de macro “7400".

Zélf ontwerpen van macro’s

Dank zij deze optie krijgt u een krachtig werktuig in handen om eigen componenten te creëren en deze later in uw blokschema’s te integreren. Het ontwerpen van een eigen macro is een fluitje van een cent. In eerste instantie tekent u het schema dat u in de macro wilt integreren.



Figuur 3/8.9.27-64: Met dit schema simuleert u een niet-lineair werkende temperatuursensor waar u een macro van maakt.

Laten wij een eenvoudig voorbeeld behandelen. Stel dat u een regelsysteem moet ontwerpen dat reageert op een externe temperatuursensor. De sensor heeft een bereik van 0 °C tot 100 °C en levert in dit bereik een **NIET-LINEAIRE** gelijkspanning af. U kunt natuurlijk al tijdens het samenstellen van het systeem die sensor via een universeelmeter op uw PC aansluiten en op deze manier integreren in uw blokschema, maar dat is een heel gedoe. U kunt een macro ontwerpen die precies hetzelfde doet en waarmee u via het toetsenbord de zogenaamde gemeten temperatuur kunt invoeren. Het schema is getekend in figuur 3/8.9.27-64.

Met de Numeric Input NI1 krijgt u de mogelijkheid temperaturen tussen 0 °C en 100 °C via het toetsenbord in te voeren.

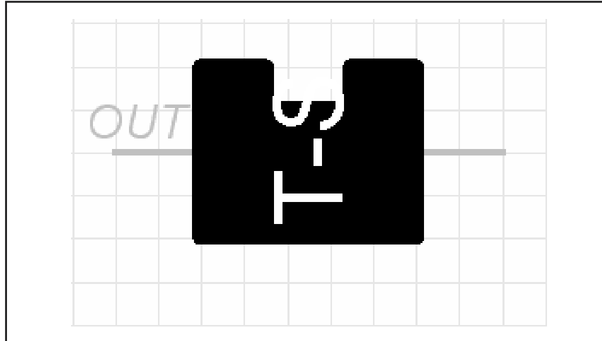
In de Correction Table CT1 voert u het verband in tussen temperatuur en de door de sensor gegenereerde spanning. Dat verband haalt u ongetwijfeld uit het datasheet van de sensor. Wij hebben de Correction Table al besproken aan de hand van figuur 3/8.9.27-37.

Met het Numeric Display ND1 meet u de uitgangsspanning van de gesimuleerde sensor en zet deze op de frontplaat.

Dat is bijna alles. U moet aan het schema minstens één Macro Pin toevoegen. In dit geval is dat natuurlijk de uitgangsspanning van de sensor Pin1. Via de properties van de Macro Pin moet u aan de pen een naam toekennen, bijvoorbeeld OUT. U heeft nu een macro gemaakt die u via het menu “File” en de optie “Save as macro” onder een eigen naam naar de directory waarin ProfiLab de macro’s bewaart kunt saven. Kies een duidelijke naam, bijvoorbeeld T-SENSOR.MAK.

De nieuwe macro verschijnt onmiddellijk in de macro-bibliotheek links in het venster en u kunt deze vanaf nu in uw blokschema’s toepassen. Het resultaat ziet u in figuur 3/8.9.27-65.

8.9 Software voor de ontwerper



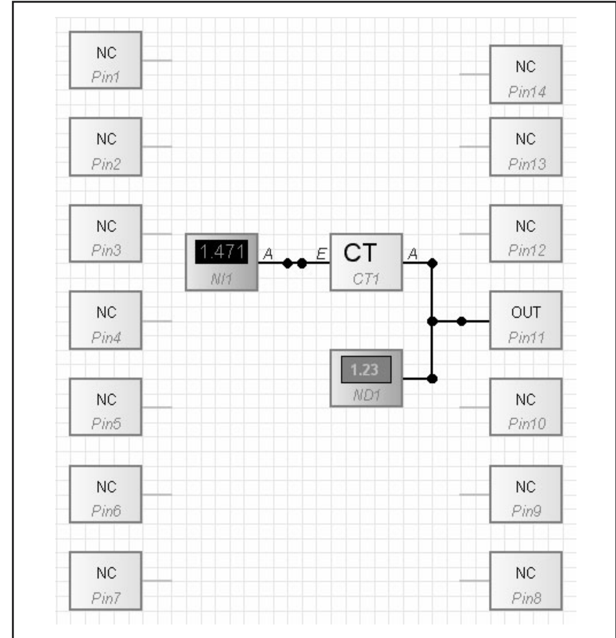
Figuur 3/8.9.27-65: Uw eerste macro is klaar, maar mooi is anders!

Verfraaien

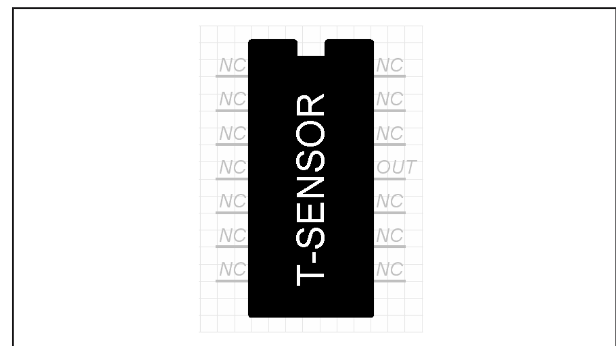
Deze macro werkt perfect, maar helaas kunnen wij wat presentatie betreft niet erg tevreden zijn. Bovendien staat de uitgang links in plaats van rechts. ProfiLab heeft maar één Macro Pin in uw macro ontdekt en dus maakt het programma er een DIL-IC van met slechts twee pennen dat zo klein is dat zelfs de naam niet te lezen is. Dat moet beter kunnen! Open de macro op de reeds beschreven manier en voeg aan weerszijden een aantal Macro Pins toe, zie figuur 3/8.9.27-66, zodat een DIL-14 IC ontstaat. Die pennen benoemd u allemaal "NC" oftewel Not Connect. Zorg er bovendien voor dat de uitgangspen een nummer van 8 tot en met 14 krijgt. Op die manier zal de uitgangspen rechts worden getekend.
Het resultaat is weergegeven in figuur 3/8.9.27-67, een macro die er zijn mag!

Macro frontplaat

Vergeet ondertussen niet aandacht te besteden aan de lay-out van het frontplaatje van de temperatuursensor. Deze lay-out wordt immers mee gesaved en verschijnt ook als "bedieningsorgaan" van de sensor op de frontplaat van een blokschema waarin u de temperatuursensor opneemt. Wat dacht u van figuur 3/8.9.27-68?



Figuur 3/8.9.27-66: Door het toevoegen van 15 Macro Pin's en door deze in de juiste volgorde te zetten wordt het misbaksel van figuur 3/8.9.27-65 omgevormd tot moeders mooiste.



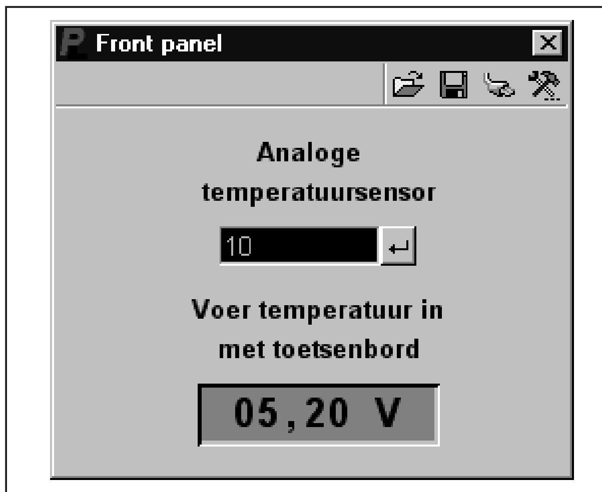
Figuur 3/8.9.27-67: De macro van figuur 3/8.9.27-65 heeft een paar cosmetische ingrepen ondergaan en is nu bruikbaar.

Externe hardware

Inleiding

De ProfiLab's hebben een aantal componenten waarmee u een koppeling tot

stand brengt met externe apparatuur die u via een parallelle poort (LPT), een seriële poort (COM) of USB op uw PC aansluit.



Figuur 3/8.9.27-68: Het frontplaatje van uw temperatuursensor maakt onderdeel uit van de macro en wordt mee gesaved.

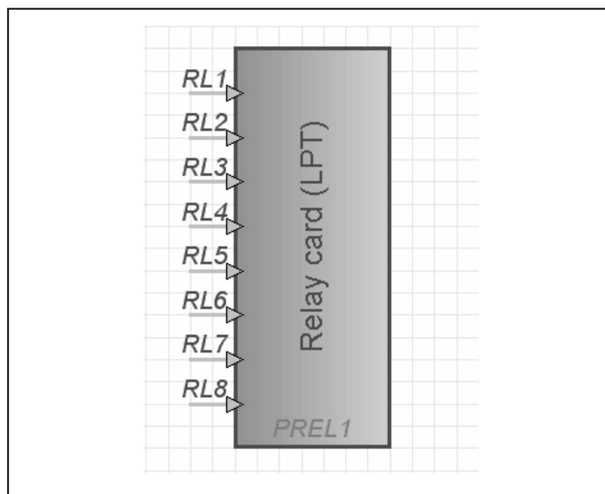
Deze componenten kunt u beschouwen als een soort van interfaces, die de gegevens die door de externe hardware aan uw PC worden geleverd in uw blokschema invoeren. Hetzelfde geldt natuurlijk voor de componenten die gegevens naar externe hardware sturen.
Via het "Properties"-venster van deze componenten kunt u de koppeling gedetailleerd tot stand brengen, door onder andere het poortnummer in te voeren en de signalen die de externe hardware levert of ontvangt te koppelen aan de pennen van het onderdeel.

Welke hardware?
ProfiLab heeft koppelingen aan boord voor interfacing met:
- digitale universeelmeters met COM- of USB-aansluiting;
- relaiskaarten met LPT-aansluiting;
- AD- en DA-kaarten die u in een vrij slot van uw PC monteert;
- rechtstreekse koppeling met de pennen van de LPT-poorten;
- rechtstreekse koppeling met de pennen van de COM-poorten;
- rechtstreekse toegang tot de I/O-registers van uw PC;
- rechtstreekse toegang tot hardware met een 8255 interface chip.

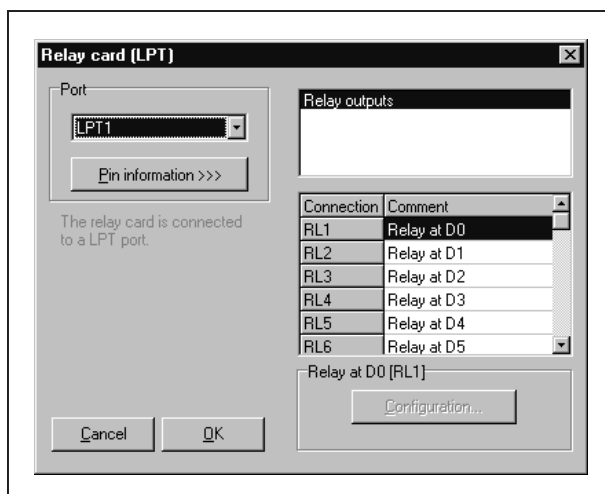
Merkspecifieke componenten
Om het u gemakkelijk te maken zitten in de bibliotheek "Hardware" tientallen componenten die door Abacom al volledig voorbereid zijn op een koppeling met bekende apparatuur van even bekende fabrikanten. U treft componenten aan voor koppeling met hardware van Kolter, BMC, ELV, Velleman, ModulBus, Conrad (Voltcraft), LabJack, Meilhaus, Phidgets, Hygrotech, Sartorius, Dostmann en Fischertechnik.
Dat zijn niet alleen AD/DA-kaarten, maar bijvoorbeeld ook sensoren

Voorbeeld 1:
uitvoer naar de parallelle poort
Dit doet u via het component Relay Card (LPT), voorgesteld in figuur 3/8.9.27-69. Eenvoudiger kan welhaast niet! Het onderdeel heeft acht ingangen RL1 tot en met RL8 die rechtstreeks de acht datalijnen D0 tot en met D7 van uw parallelle poort aansturen. Zet u een "H" op een van de ingangen, dan wordt de daaraan gekoppelde data-uitgang van de poort "H".
In het "Properties"-venster van figuur 3/8.9.27-70 moet u alleen het nummer van de poort instellen. Bij een normale PC is dat LPT1, maar u kunt uitbreidingskaarten aanschaffen, waardoor uw PC meerdere LPT-poorten krijgt.

8.9 Software voor de ontwerper



Figuur 3/8.9.27-69: Met dit component kunt u rechtstreeks gegevens naar uw parallelle poort sturen.



Figuur 3/8.9.27-70: Het “Properties”-venster van de relay Card (LPT).

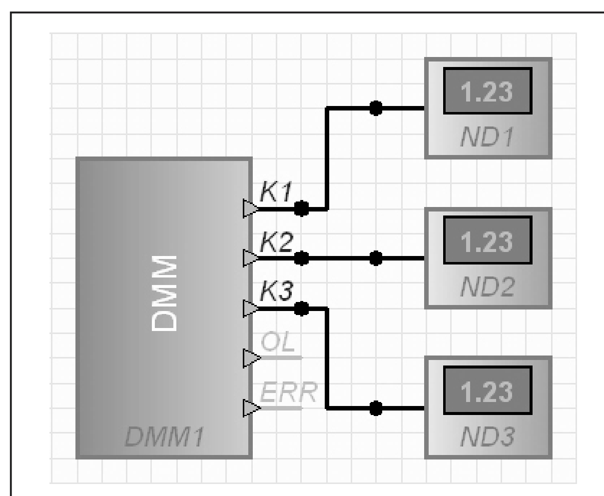
Voorbeeld 2: multimeter gegevens inlezen

Als voorbeeld behandelen wij de interfacing met de digitale universeelmeter model M-3890DT van Voltcraft, zie figuur 3/8.9.27-71. Dit apparaat wordt in Nederland onder andere door Conrad verkocht. Deze universeelmeter heeft drie display’s waarop u de actuele meetwaarde, de minimaal gemeten waarde en de maximaal gemeten waarde kunt aflezen.

U verbindt het apparaat met uw PC via een USB-poort.



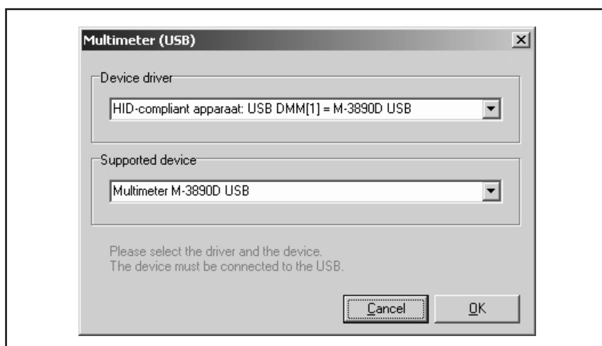
Figuur 3/8.9.27-71: In dit voorbeeld gaan wij deze prachtige USB-meter van Voltcraft in ProfiLab integreren.



Figuur 3/8.9.27-72: Met dit schema neemt u de M-3890DT op in uw ProfiLab schema.

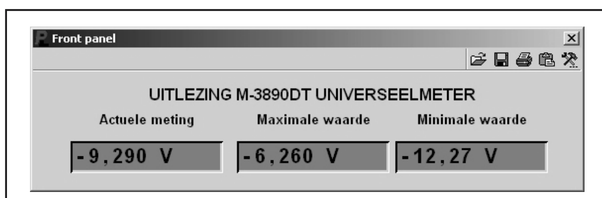
Het schema is getekend in figuur 3/8.9.27-72. U sleept het onderdeel Mul-

timeter (USB) naar uw tekenvel en sluit op de drie uitgangen K1, K2 en K3 drie Numeric Display's ND1, ND2 en ND3 aan. Dat is alles!
Natuurlijk moet u de meter configureren. In het "Properties"-venster van figuur 3/8.9.27-73 stelt u de "Device driver" en het "Supported device" in op M-3890D. Ook dat is alles!



Figuur 3/8.9.27-73: Het "Properties"-venster voor de meter.

Het resultaat op de frontplaat ziet u in figuur 3/8.9.27-74. ProfiLab zet de drie meetwaarden keurig in de display's, waarbij opvalt dat de op de meter en in ProfiLab afgelezen waarden tot het laatste digit identiek zijn.



Figuur 3/8.9.27-74: De drie meetgegevens van de M-3890DT worden weergegeven.

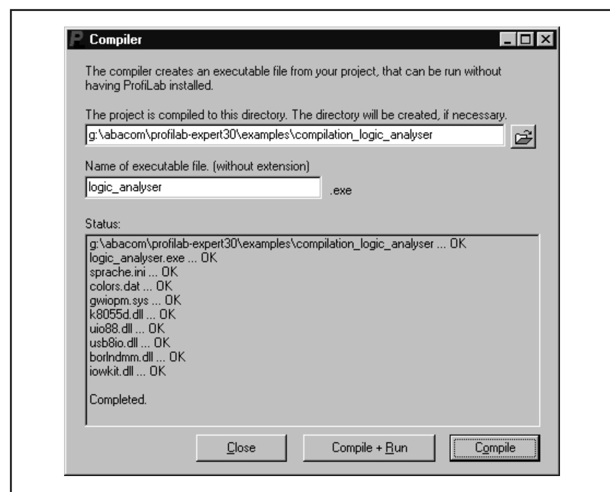
De compiler

Inleiding

Zoals reeds in de inleiding geschreven heeft ProfiLab Expert een compiler aan boord, waarmee u uw projecten omzet in zelfstandig werkende uitvoerbare EXE-bestanden. Bij het uitvoeren van een dergelijk bestand op een willekeurige PC verschijnt alleen de door u ontworpen frontplaat op het scherm, met de door u ingestelde eigenschappen. Iedereen kan uw project dan bedienen, uiteraard onder de voorwaarde dat dezelfde externe hardware op dezelfde poorten is aangesloten.

Werkwijze

Als uw project helemaal klaar is en u het uitvoerig heeft getest gaat u naar het menu "File" en kiest de optie "Compile". In het venster van figuur 3/8.9.27-75 vult u een directory in waarin de bestanden worden opgeslagen en de naam voor het EXE-bestand. Klik op de knop "Compile" of "Compile and Run" en even later is uw project gecompileerd.



Figuur 3/8.9.27-75: Via dit venster kunt u uw projecten omzetten in uitvoerbare EXE-bestanden.

Het resultaat

Het resultaat van een compilatie zijn elf bestanden met een totale omvang van ongeveer 4,5 MB. Als u het gecompileer-

de project wilt verspreiden moet u die elf bestanden steeds in een eigen directory opslaan, want het EXE-bestand kan niet zonder de tien overige bestanden worden gedraaid.

Nadere informatie

Leverancier
De drie ProfiLab's van Abacom zijn in Nederland en Vlaanderen uitsluitend per postorder te bestellen bij:
Vego VOF, Postbus 320143, 6370 JA Landgraaf (NL)
Telefoon: 045-533.22.00
Fax: 045-533.22.02
E-mail: vego_vof@compuserve.com
Internet: www.elektronicasoftware.nl

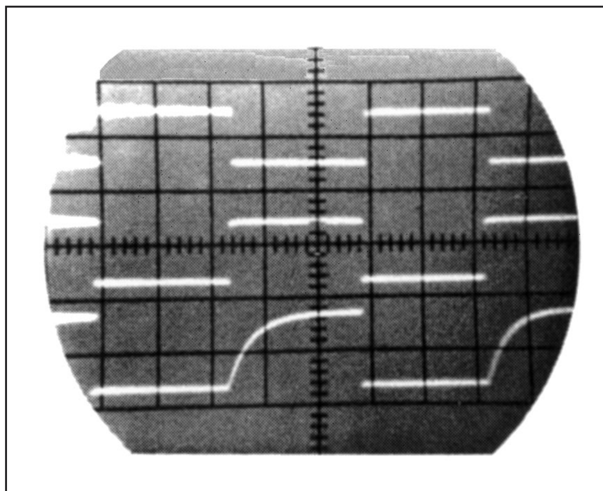
Prijzen
DMM ProfiLab en Digital ProfiLab kosten € 34,95, ProfiLab Expert kost € 99,95 (prijzen exclusief 19% BTW).

Demo's
Via www.elektronicasoftware.nl kunt u demo's van de drie ProfiLab's downloaden. Deze demo's zijn volledig functioneel, u kunt er echter niet mee printen of saven.

8.9 Software voor de ontwerper

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

De ingangen van een 7400 poort en een 7401 poort worden parallel geschakeld. In beide gevallen wordt de uitgang capacitief belast. Om het beoogde effect zichtbaar te maken is deze belasting buitensporig groot gekozen. Feit is echter dat deze capacitieve belasting steeds in meer of mindere mate aanwezig is, onder de vorm van bedradingscapaciteiten. Als de ingang met mooie rechthoekpulsen wordt aangestuurd, toont figuur 3/13.2-47 het resultaat.



Figuur 3/13.2-47: Het resultaat van de vergelijking: de 7400 is duidelijk in het voordeel!

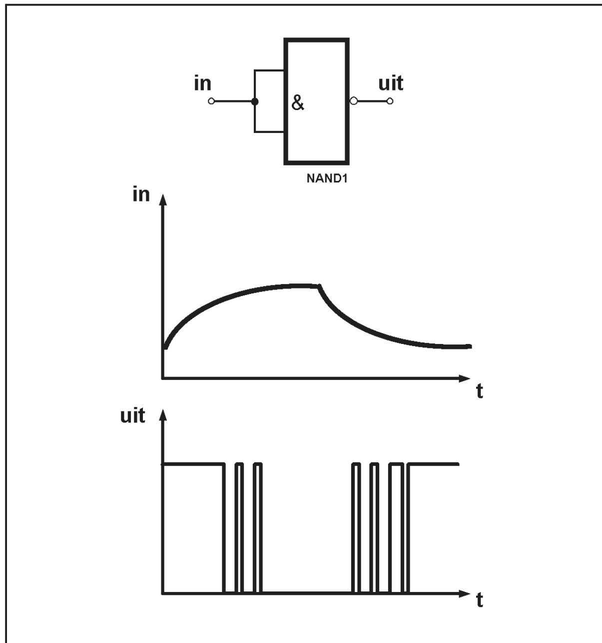
De 7400 poort (midden) inverteert het signaal probleemloos, terwijl de 7401 poort (onder) duidelijk moeilijkheden heeft. De verklaring is eenvoudig. Als de ingang "H" is, geleiden de beide naar massa geschakelde uitgangstransistoren. De uitgangsspanning is "L". Wordt de ingang "L", dan zal bij de 7400 poort de bovenste transistor van de totem-pole schakeling geleiden, waardoor de condensator zeer snel opgeladen wordt. Bij de 7401 poort heeft omschakelen van de ingang slechts het sperren van de uitgangstransistor tot gevolg, zodat de condensator opgeladen wordt door de uitwendige belastingsweerstand. Omdat deze een veel grotere waarde heeft dan de restweerstand van de geleidende totem-pole transistor, wordt de stijgtijd evenredig slechter.

7413

Theorie van de 7413

De 7413 bevat twee NAND-poorten met schmitt-trigger ingangen. De eerste vraag die beantwoord moet worden is waarom er behoefte bestaat aan een schmitt-trigger in geïntegreerde vorm. Dit is een gevolg van een van de enige nare eigenschappen van de digitale TTL-IC's: deze moeten door zeer snelle pulsen gestuurd worden. Met snel wordt verstaan, dat de overgang van het "L"-niveau naar het "H"-niveau (en vice versa), de stijgtijd dus (of de daaltijd), kleiner moet zijn dan 1 µs. Schakelingen opgebouwd uit transistoren en dioden leveren pulsen die niet aan deze voorwaarde voldoen.
Stuurt u dergelijke "slome" pulsen in TTL-IC's, dan leert figuur 3/13.2-48 wat er kan gebeuren. Aan de uitgang van het IC ontstaan oscillaties, die de digitale schakeling volledig kunnen ontwrichten. De oorzaak van deze oscillaties is dat het IC gedurende de te lange stijgtijd in zijn lineair gebied wordt ingesteld, waardoor het als oscillerende versterker werkt. Om de TTL-IC's toch met trage transistorsignalen te kunnen sturen, werd de 7413 ontwikkeld. Door een speciale inwendige schakeling kan dit IC aangestuurd worden door gelijk welk signaal, zonder oscilleergevaar aan de uitgang. Aan de stijg- en daaltijden worden geen grenzen gesteld!

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten



Figuur 3/13.2-48: Gewone TTL-poorten kunt u niet met trage signalen aansturen, er ontstaan oscillaties op de uitgang.

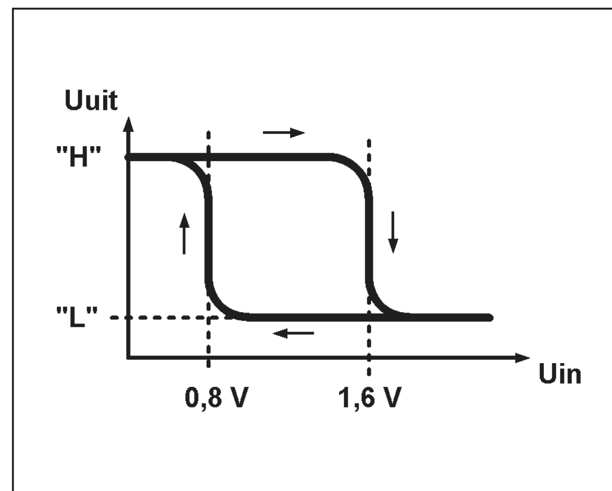
Logisch bekeken werkt de 7413 als een NAND-poort met vier ingangen. Dit betekent dat de uitgang slechts dan "L" is, als alle ingangen "H" zijn. Zijn één of meer ingangen "L", dan is de uitgang "H".

Het begrip hysteresis

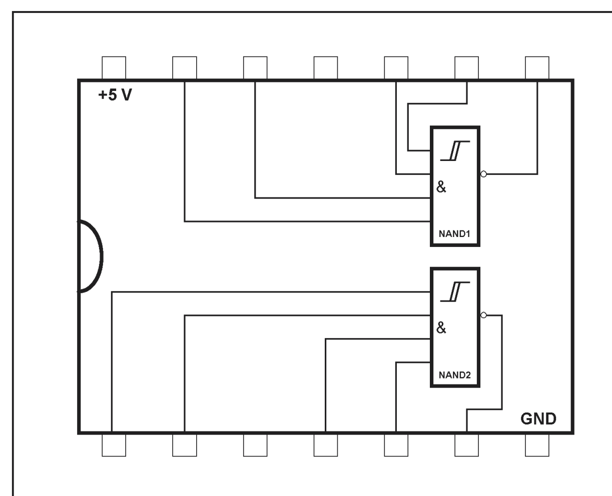
Het enige verschil met een gewone NAND-poort is, dat aan de begrippen "L" en "H" aan de ingang een andere betekenis moet worden toegekend. Figuur 3/13.2-49 verduidelijkt een en ander. In deze grafiek is de uitgangsspanning uitgezet in functie van de ingang. Zolang de ingang kleiner is dan 1,6 V, is de uitgang logisch "H". Overschrijdt de ingang deze drempel, dan wordt de uitgang "L". Als de ingangsspanning weer daalt, gebeurt het omschakelen niet bij 1,6 V maar bij 0,8 V. Dit spanningsverschil tussen in- en uitschakelen noemt men de "hysteresis" en is een eigenschap van alle schmitt-triggers. Bij de 7413 is de hysteresis dus 0,8 V.

Om dit beetje theorie af te sluiten zij nog vermeld dat de waarde van in- en uitschakelniveau, alsmede de grootte van de hysteresis spanning, thermisch gecompenseerd zijn. De fan-out is, zoals bij de meeste 74xx-IC's, gelijk aan tien.

In figuur 3/13.2-50 zijn de aansluitingen van dit IC weergegeven. De aansluitpennen 3 en 11 worden niet gebruikt.

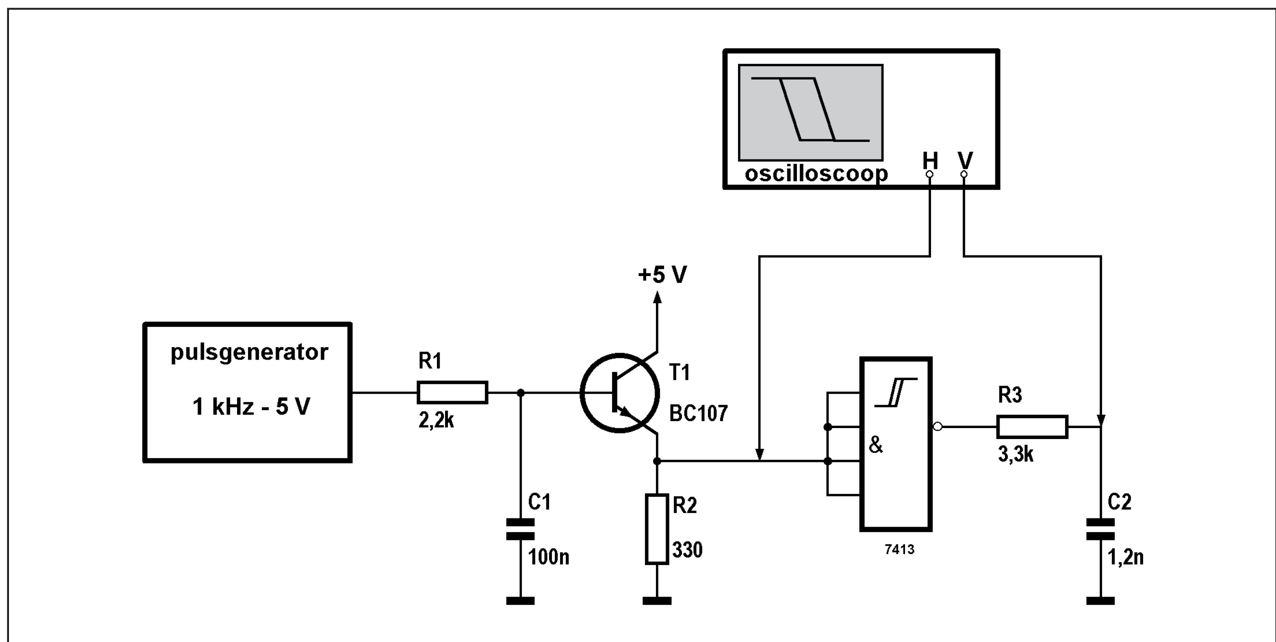


Figuur 3/13.2-49: Het hysteresis verschijnsel grafisch toegelicht.



Figuur 3/13.2-50: De aansluitgegevens van de 7413.

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

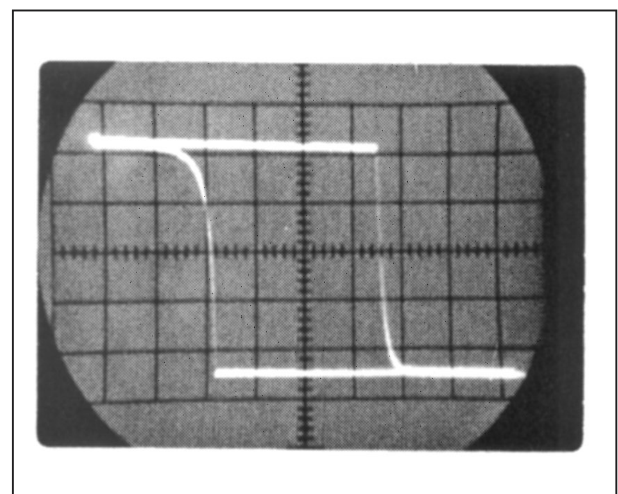


Figuur 3/13.2-51: Met deze eenvoudige schakeling kunt u de transferkarakteristiek van een 7413 op het scherm van uw scoop zetten.

Testen van een 7413

Uit het voorgaande volgt dat u uit de grafiek van figuur 3/13.2-49 alle eigenschappen van het IC kunt afleiden. Is van een bepaald IC deze grafiek niet zoals het hoort, dan is er iets mis en is het zaak dit IC door een beter exemplaar te vervangen.

Uiteraard is het handig op de een of andere manier deze transferkarakteristiek, zoals figuur 3/13.2-49 officieel heet, op het scherm van een scoop weer te geven. Dit laat een snelle test van de schmitt-trigger toe. In figuur 3/13.2-51 is een schakelingetje getekend, waarmee dit kan. Een pulsgenerator levert een blokspanning van 1 kHz en 5 V amplitude. Dit blok wordt door een differentiator omgevormd in een soort driehoekspanning, die het te testen IC stuurt via een emittervolger. Deze spanning stuurt eveneens de horizontale versterker van de scoop. Uiteraard wordt de tijdbasis uitgeschakeld. De uitgang van het IC wordt eveneens gedifferentieerd, al is dit niet noodzakelijk. Dit is enkel gedaan om een duidelijke foto van het schermbeeld te kunnen maken.



Figuur 3/13.2-52: Deze “röntgenfoto” van een 7413 is karakteristiek voor een gezond IC.

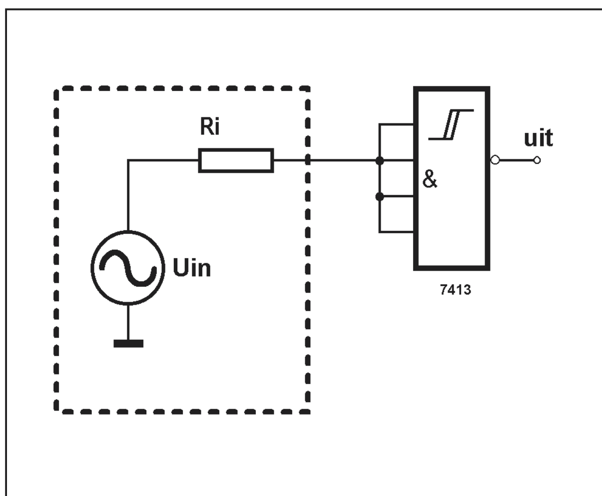
Deze IC-uitgangsspanning stuurt de verticale versterker. Als het IC goed is, ver-

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

schijnt op het scherm een beeld dat grote gelijkenis vertoont met figuur 3/13.2-52. Als de scoopversterkers geijkt zijn kunnen de karakteristieke grootheden van het prentje afgelezen worden. In dit geval klopt het vrij aardig.

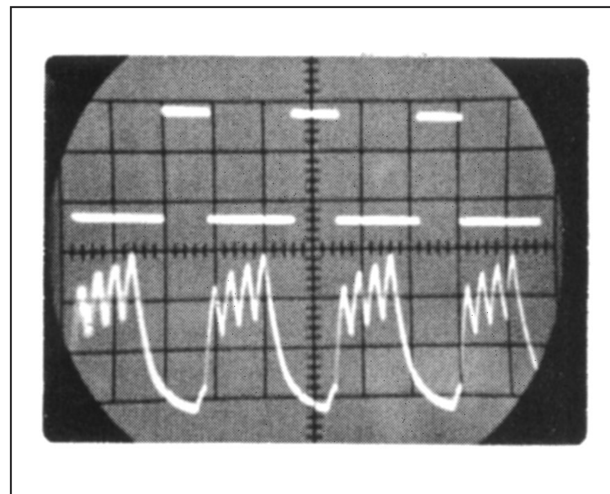
De 7413 als pulse-shaper

Zoals reeds geschreven is deze toepassing volledig gebaseerd op de hoofdeigenschap van de schakeling: de mogelijkheid om zeer langzame signalen in TTL-compatibele pulsen om te vormen. Figuur 3/13.2-53 geeft het basisschema.



Figuur 3/13.2-53: Het basisschema voor het aansturen van de ingangen van de 7413.

Het gedeelte in de stippellijn stelt de schakeling voor, die signaal levert aan het IC. De weerstand Ri is de inwendige weerstand van deze schakeling. Deze weerstand is aan een maximum verbonden. Zoals men weet sturen TTL-IC's een bepaalde lekstroom door de voorgaande schakeling als de ingangsspanning laag is. Deze lekstroom bouwt over Ri een spanningsval op. Als Ri te groot is, wordt deze spanning groter dan 1,8 V, waardoor de onderste drempel overschreden is en de uitgang van het IC steeds "L" is.
Volgens fabriekspecificaties mag Ri bij de originele traditionele 7413 niet groter zijn dan 390 Ω. Dit houdt in dat de 7413 in de meeste gevallen via een emittervolger met de ingangsschakeling verbonden moet worden. Veel transistorschakelingen hebben immers een inwendige weerstand die groter is dan 390 Ω. De spanning Uin mag niet groter zijn dan 5,5 V.
Figuur 3/13.2-54 toont de pulse-shaper in actie.

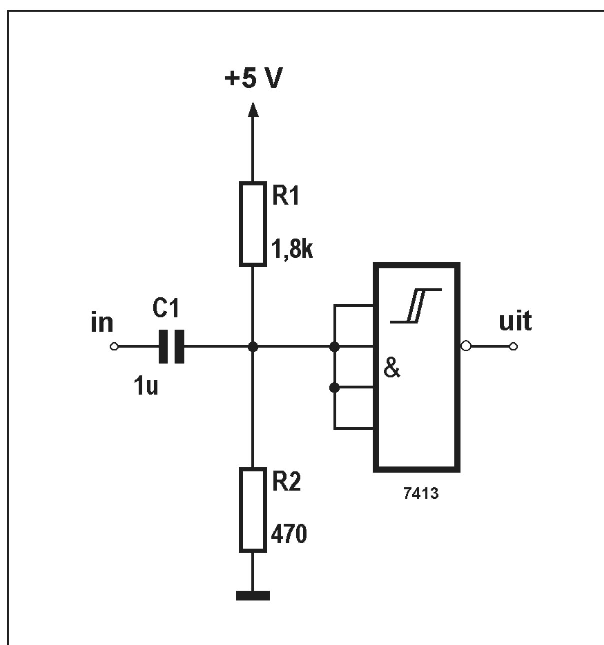


Figuur 3/13.2-54: Een mooi voorbeeldje van de werking van de 7413: onder de traag verlopende ingangsspanning, boven de mooie digitale uitgangsspanning.

De 7413 als sinus naar blok omzetter

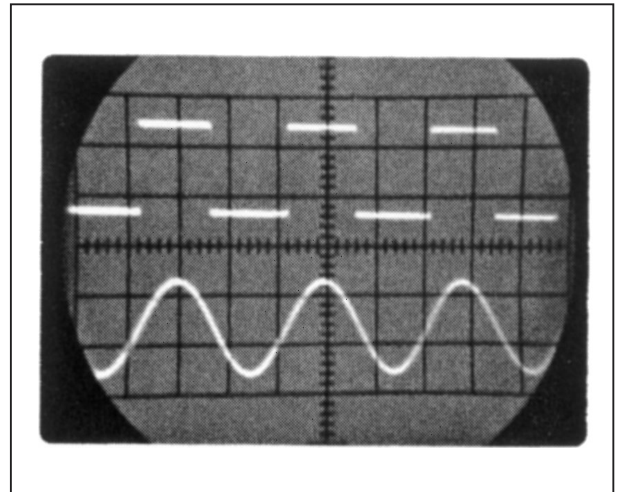
In figuur 3/13.2-55 is getekend hoe u de schmitt-trigger moet gebruiken om een sinusgenerator te transformeren in een vierkantgolfgenerator. De spanningsdeler aan de ingang stelt het IC tussen de beide drempels in, waardoor de symmetrische uitgang wordt verkregen. De sinusspanning moet kleiner zijn dan 4 V

top-tot-top. De ingangscondensator moet zo groot zijn dat zijn impedantie verwaarloosd kan worden ten opzichte van de beide weerstanden. Door de lage weerstandswaarden is het nodig het sinussignaal uit een emittervolger te betrekken. Het betere soort sinusgenerator voldoet aan deze voorwaarde. Deze eenvoudige schakeling is ideaal om een sinusgenerator geschikt te maken voor het sturen van geïntegreerde digitale schakelingen en dit over een breed frequentiebereik.
Uit de scoop-foto van figuur 3/13.2-56 kunt u afleiden dat deze eenvoudige schakeling perfect werkt.

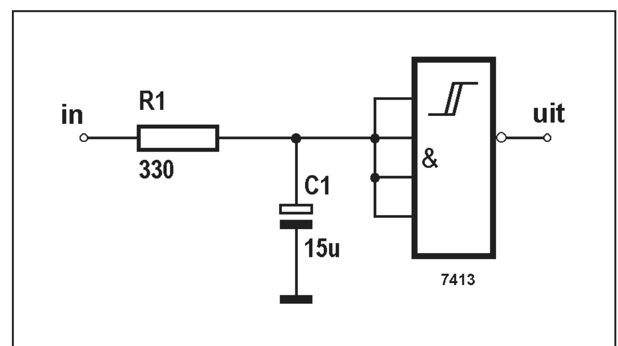


Figuur 3/13.2-55: Met deze eenvoudige schakeling zet u een sinus om in een mooie TTL-compatibele digitale puls.

De 7413 als laagdoorlaat filter
Een van de problemen bij het gebruik van TTL-IC's is hun grote storingsgevoeligheid. Zeer smalle stoorpulsen (enige tientallen nanoseconden) op een signaalleiding volstaan om een IC te laten triggeren.


Figuur 3/13.2-56: De resultaten van de schakeling van figuur 3/13.2-55.

De 7413 lost dit probleem elegant op: een RC laagdoorlaat filter aan de ingang vangt alle stoorpulsen op, zodat het nuttige signaal zuiver aan de uitgang verschijnt, zie figuur 3/13.2-57.

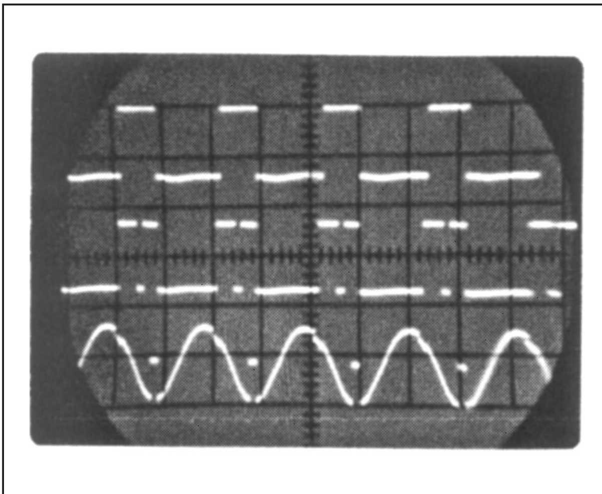


Figuur 3/13.2-57: Deze eenvoudige schakeling is ideaal om storingen uit een signaal te filteren.

Uiteraard mag de weerstand niet groter zijn dan 390 Ω. Omdat de spanning steeds positief is ten opzichte van massa kunt u voor de condensator een zeer grote elco toepassen. Figuur 3/13.2-58 levert een overtuigend bewijs van de

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

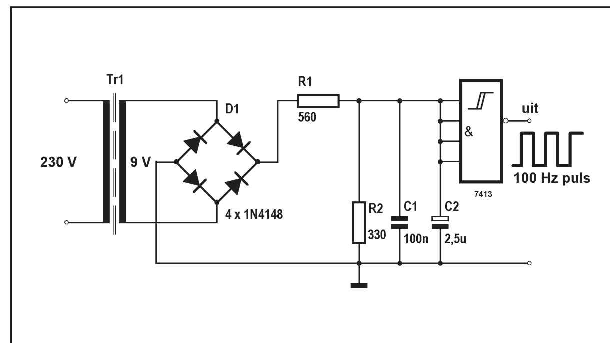
doeltreffendheid van de schakeling. Op een 50 Hz sinus werd kunstmatig een stoorpuls geënt (onder). Zonder elco triggert deze puls de schmitt-trigger, zodat voor iedere 50 Hz periode twee uitgangspulsen ontstaan (midden). Met aangesloten elco wordt deze stoorpuls, die waarachtig niet een van de smalste is, doeltreffend onderdrukt zodat de uitgang storingsvrij is (boven).



Figuur 3/13.2-58: Op deze manier werd de schakeling van figuur 3/13.2-57 op haar doeltreffendheid getest.

De 7413 als 100 Hz standaard

Een combinatie van de figuren 3/13.2-55 en -57 levert de schakeling op die de 7413 zo populair heeft gemaakt: een 100 Hz tijdreferentie voor sturing van netgevoede digitale tijdschakelaars en chronometers. De 230 V van het net heeft een frequentie die zeer nauwkeurig op 50,0 Hz wordt gehouden. Uit deze netspanning kunt u op een heel eenvoudige manier een digitale puls met een frequentie van precies 100,0 Hz afleiden. Deze puls is ideaal als frequentiereferentie voor alle digitale schakelingen waarin een nauwkeurige tijd een belangrijke rol speelt. De schakeling is in figuur 3/13.2-59 getekend. Uitgegaan is van een 9 V transformator, de spanning waarmee de meeste 5 V voedingen werken. Een brug opgebouwd uit 4 dioden vormt de wisselspanning om in een 100 Hz signaal. De spanningsdeler zorgt ervoor dat het IC niet overstuurd wordt. De elco neemt de stoorpulsen voor zijn rekening. Omdat een elco slechte VHF-eigenschappen heeft wordt zijn taak in dat frequentiegebied overgenomen door een kleine condensator.
Niet alle storingen dringen echter via de ingangsschakeling een digitale tijdschakelaar binnen. Ook de +5 V voeding kan een open venster zijn voor HF stoorpulsen. Goede ontkoppeling van de voeding is dan ook noodzaak.



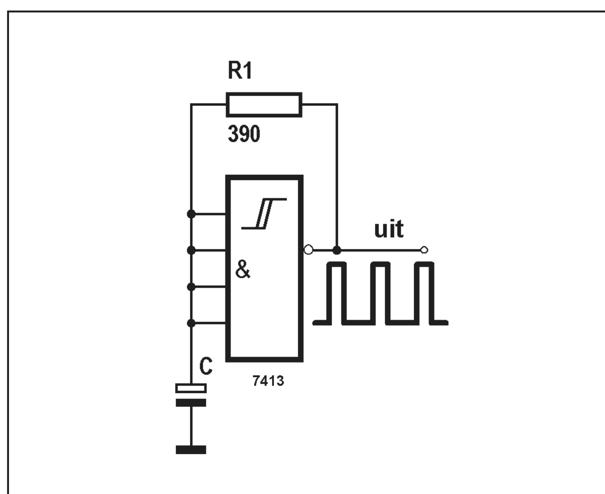
Figuur 3/13.2-59: Een eenvoudige schakeling voor het genereren van een nauwkeurige 100,0 Hz referentie.

De 7413 als multivibrator

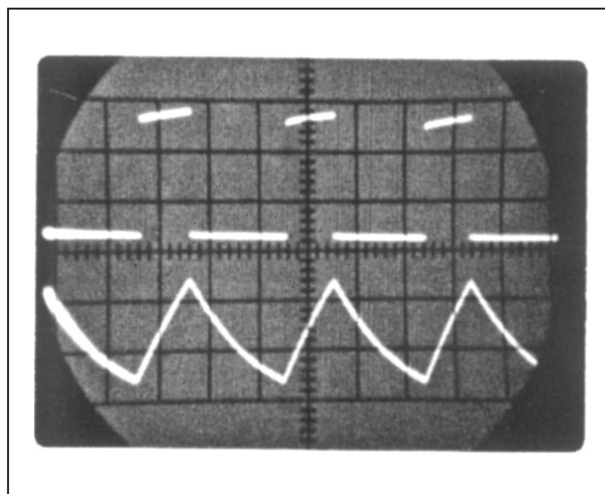
Een zelfstartende klokpulsgenerator met een zeer groot frequentiebereik kunt u volgens figuur 3/13.2-60 opbouwen. Door de waarde van de condensator te variëren is een frequentiebereik van acht decaden mogelijk. De werking wordt beschreven aan de hand van figuur 3/13.2-61. De bovenste grafiek is de uitgang, onderste de ingang van het IC.

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

Stel dat de condensator ontladen is. De ingang is dus 0 V, zodat de uitgang "H" is. Deze spanning zal de condensator met een bepaalde stroom opladen via de weerstand. Als de condensatorspanning 1,8 V is triggert de schmitt-trigger en de uitgang wordt "L". De condensator ontlaadt dan via dezelfde weerstand. Dit duurt tot de condensatorspanning gedaald is tot 0,8 V.



Figuur 3/13.2-60: De 7413 als astabiele multivibrator met een groot frequentiebereik.

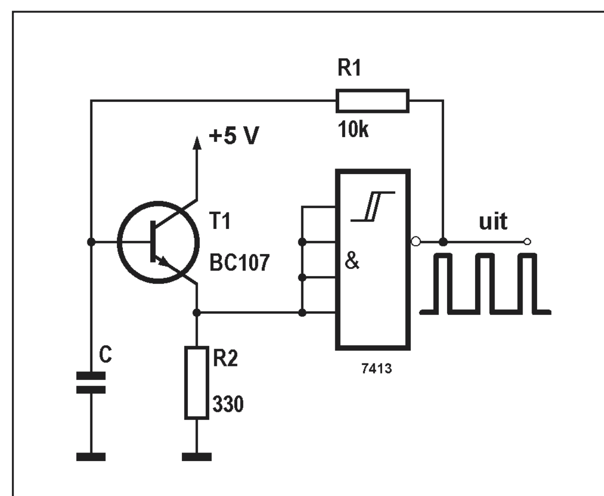


Figuur 3/13.2-61: Deze grafieken onthullen de werking van de schakeling van figuur 3/13.2-60.

De onderste drempel wordt overschreden, de uitgang wordt weer "H", de condensator laadt opnieuw op.
Besluit is dat u door het veranderen van de waarde van C de frequentie kunt beïnvloeden. Omdat de ontlaadweerstand klein is, is het duidelijk dat C vrij groot moet zijn om lage frequenties op te wekken. Voor een uitgangsfrequentie van 10 Hz is een elco van 200 µF nodig.

Een alternatieve AMV

De basisschakeling van figuur 3/13.2-60 is dus voornamelijk geschikt voor het genereren van HF-signalen. Met C = 220 pF is de frequentie ongeveer 20 MHz! Door een kleine modificatie kunt u de schakeling ook voor LF-toepassingen geschikt maken. Tussen de condensator en de schmitt-trigger wordt een emittervolger opgenomen. Gevolg is dat de terugkoppelweerstand tussen in- en uitgang veel groter kan worden, zie figuur 3/13.2-62.



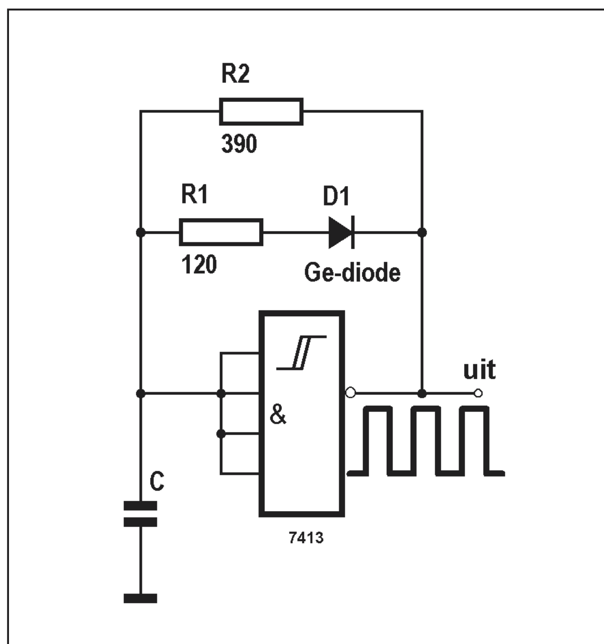
Figuur 3/13.2-62: Door het tussenschakelen van een emittervolger wordt de lage ingangsimpedantie van de originele 7413 verhoogd, zodat u met veel kleinere condensatorwaarden kunt werken.

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

De tijdconstante van op- en ontladen wordt evenredig groter, zodat de frequentie kleiner wordt bij gebruik van dezelfde condensatorwaarde. Met deze schakeling is het zeer eenvoudig subsonische frequenties op te wekken: met C = 5.000 µF wordt de frequentie 0,2 Hz!

Symmetrische uitgang

Uit figuur 3/13.2-61 volgt dat de uitgangspuls niet symmetrisch is. Dit wordt veroorzaakt door de lekstroom van het IC die een handje helpt bij het laden van de condensator. Het laden gaat daardoor vlugger dan het ontladen. Is toch een symmetrische uitgang gewenst, dan brengt de schakeling van figuur 3/13.2-63 uitkomst.

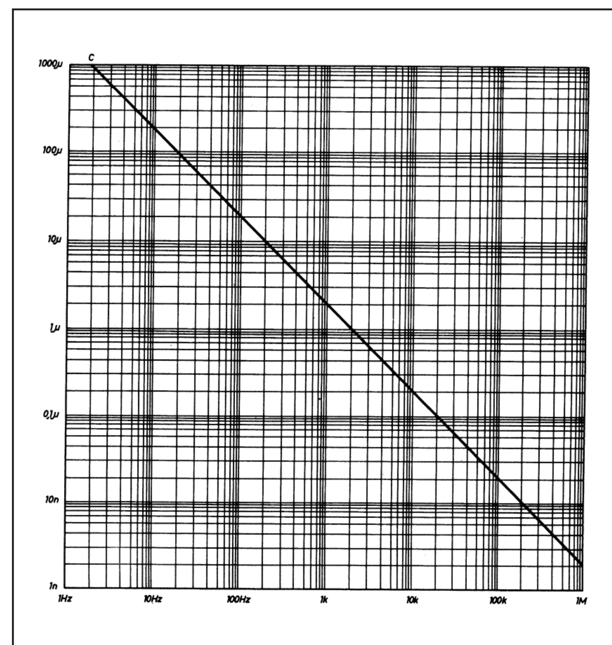


Figuur 3/13.2-63: Wijziging van de basisschakeling, waardoor de uitgang symmetrisch wordt.

Een tweede ontlaadkring wordt gevormd door een weerstand in serie met een germaniumdiode. Als de uitgang "H" is spert deze diode en speelt de kring niet mee. C wordt opgeladen door de IC-lekstroom en door de weerstand van 390 Ω. Wordt de uitgang "L" dan geleidt de diode waardoor het ontladen via twee weerstanden gebeurt. Juiste dimensionering van de componenten zorgt voor gelijke laad- en ontlaadtijden en dus voor een symmetrische uitgang.

Berekenen van de componenten R en C

Om de paragraaf multivibrators af te sluiten, geeft figuur 3/13.2-64 een grafiek waaruit u voor iedere frequentie de bijbehorende condensatorwaarde kunt aflezen. Deze grafiek geldt alleen voor de basisschakeling van figuur 3/13.2-60!



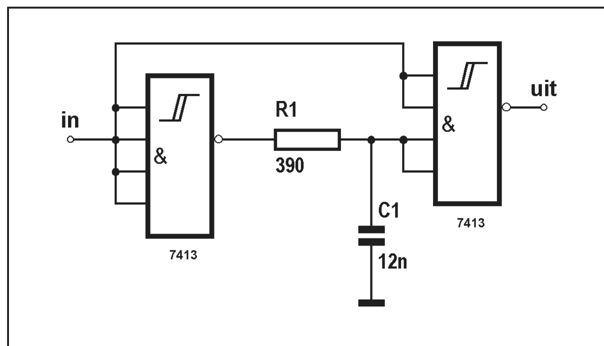
Figuur 3/13.2-64: Uit deze grafiek kunt u de waarde van de condensator aflezen in functie van de frequentie.

De 7413 als pulsverkorter

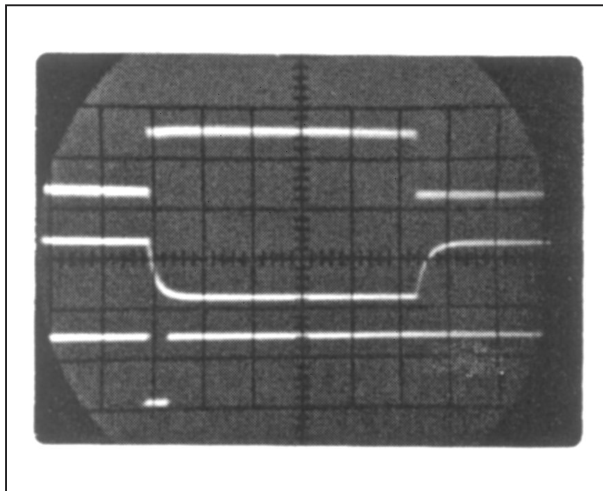
Een veel gebruikte elektronische schakeling is een differentiator die uit lange pulsen zeer smalle pulsen destilleert. De schakeling van figuur 3/13.2-65 biedt

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

een TTL-equivalent. De werking wordt verduidelijkt aan de hand van figuur 3/13.2-66.



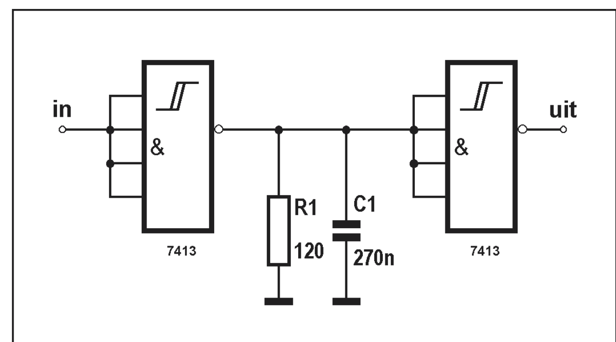
Figuur 3/13.2-65: Op deze manier kunt u met één 7413 uit een brede puls een smallere soortgenoot afleiden.



Figuur 3/13.2-66: De bij het schema van figuur 3/13.2-65 horende signalen: van boven naar onder de ingangsspanning, de spanning over de condensator en de uitgangsspanning.

Als de ingang "L" is, zal de uitgang van S1 "H" zijn. De condensator is opgeladen, de twee onderste ingangen van S2 zijn "H". Omdat de twee bovenste ingangen "L" zijn, is de uitgang "H". Stel nu dat u een lange puls aan de ingang aanlegt. Gevolg is dat de uitgang van S1 "L" wordt. De condensator gaat zich ontladen via de weerstand van 390 Ω. Momenteel zijn echter alle ingangen van S2 "H", zodat de uitgang "L" wordt. Dit duurt tot de condensator zover ontladen is dat de spanning op de twee onderste ingangen van S2 kleiner wordt dan de onderste drempel. Gevolg is dat S2 triggert, zodat de uitgang opnieuw "H" wordt.
U kunt besluiten dat de breedte van de uitgangspuls alleen wordt bepaald door de grootte van de condensator en niet door de breedte van de ingangspuls. Wat gebeurt er bij het einde van de ingangspuls? De twee bovenste ingangen van S2 worden dadelijk "L", zodat de uitgang "H" blijft. De condensator laadt op, de uitgang van S1 is immers "H". De schakeling is klaar om een nieuwe ingangspuls te verkorten.

De 7413 als pulsverlenger
Uiteraard is het eveneens handig een schakeling te bezitten die korte pulsen omvormt in lange. Figuur 3/13.2-67 biedt uitkomst, er wordt verwezen naar figuur 3/13.2-68 voor de werking.

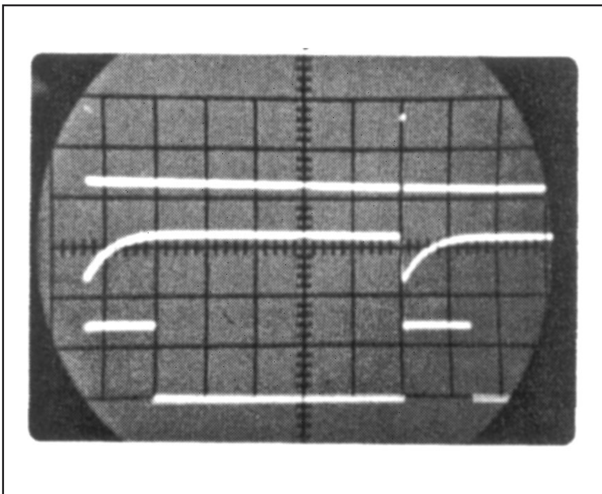


Figuur 3/13.2-67: Met deze schakeling kunt u smalle pulsen omvormen tot bredere.

In rust (ingang "L") is uitgang S1 = "H" en uitgang S2 = "L". Als een smalle posi-

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

tieve puls de ingang stuurt, wordt uitgang van S1 "L". De condensator ontlaadt vrij snel door dit IC. Gevolg is dat de uitgang van S2 "H" wordt. Na de ingangspuls wil de uitgang van S1 dadelijk "H" worden. De ontladen condensator ontfermt zich echter over deze spanning, zodat deze exponentieel toeneemt. Gevolg is dat de uitgang van S2 "H" blijft tot de condensatorspanning de bovenste drempel overschrijdt.



Figuur 3/13.2-68: De spanningsvormen in de schakeling van figuur 3/13.2-67.

Uit bovenstaande zeer eenvoudige uitleg mag u niet afleiden dat deze schakeling probleemloos is. De waarde van de condensator is tamelijk kritisch. Als deze te groot is zal de condensator niet volledig ontladen worden gedurende de smalle ingangspuls. Gevolg is dat de condensatorspanning groter blijft dan de onderste drempel van S2, zodat de uitgang "L" blijft.
Als tegemoetkoming is een kleine weerstand van 120 Ω parallel aan de condensator aangebracht. Deze helpt mee om de condensator zo snel mogelijk te ontladen.

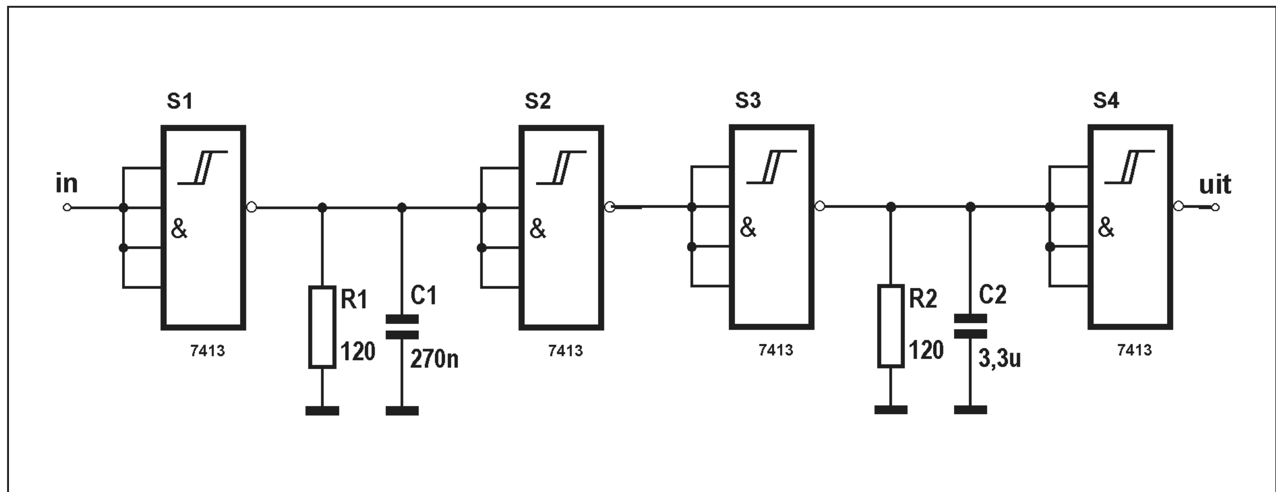
Met de theorieboeken in de hand kan aangetoond worden dat deze weerstand S1 te veel belast. In praktijk blijkt dit echter geen probleem te zijn. Ook met deze extra ontlaadweerstand is het echter niet mogelijk de ingangspuls meer dan 25 maal te verlengen.
Een andere onvolmaaktheid van de schakeling is dat de breedte van de uitgangspuls niet alleen door de waarde van de condensator bepaald wordt, maar eveneens door de breedte van de ingangspuls. Heeft u behoefte om een langere uitgangspuls te kweken, dan kunt u meerdere trappen achter elkaar schakelen. Een voorbeeld geeft figuur 3/13.2-69, met in figuur 3/13.2-70 de verschillende pulsbreedten.

Sequentiële schakelingen
De schakeling van figuur 3/13.2-69 is bruikbaar in uitgebreide digitale schakelingen, waar een aantal handelingen achter elkaar moet gebeuren. Bijvoorbeeld: telpoort sluiten, geheugen inlezen, teller resetten, telpoort openen. Door een cascadeschakeling van drie impulsverbreders ontstaan vier pulsen, waarvan de achterflanken in de tijd verschoven zijn. Deze negatief verlopende overgangen kunt u gebruiken voor het sturen van de handelingen, zonder dat deze elkaar beïnvloeden.

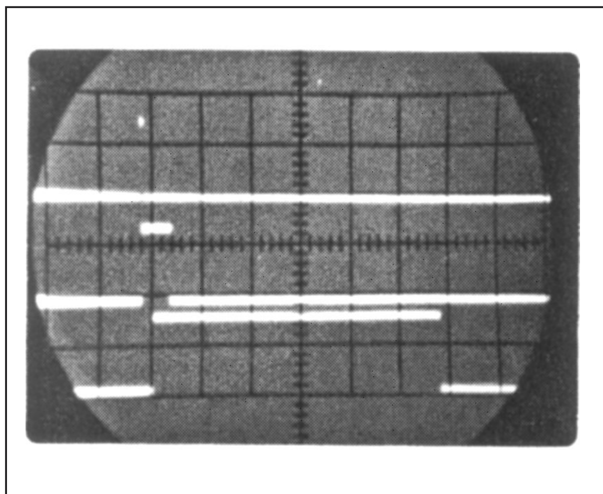
7402

Viervoudige NOR
De 7402 herbergt vier NOR-poorten met elk twee ingangen. De niet-of poort is, net als de niet-en poort, een basisfunctie van de TTL-logica. Het is daarom nuttig bij deze schakeling wat langer stil te staan.

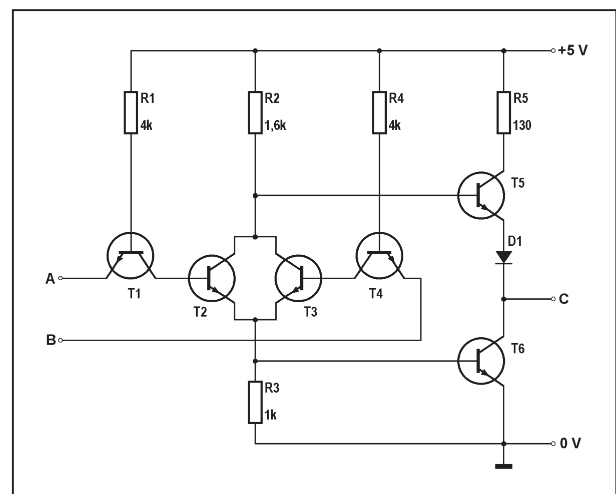
13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten



Figuur 3/13.2-69: Door cascadeschakeling van identieke schakelingen kunt u een puls in meerdere stappen verbreden.



Figuur 3/13.2-70: De pulsvormen in de schakeling van figuur 3/13.2-69: de ingangsspanning, de uitgang van S2 en de uitgang van S4.



Figuur 3/13.2-71: De interne schakeling van één poort uit de 7402.

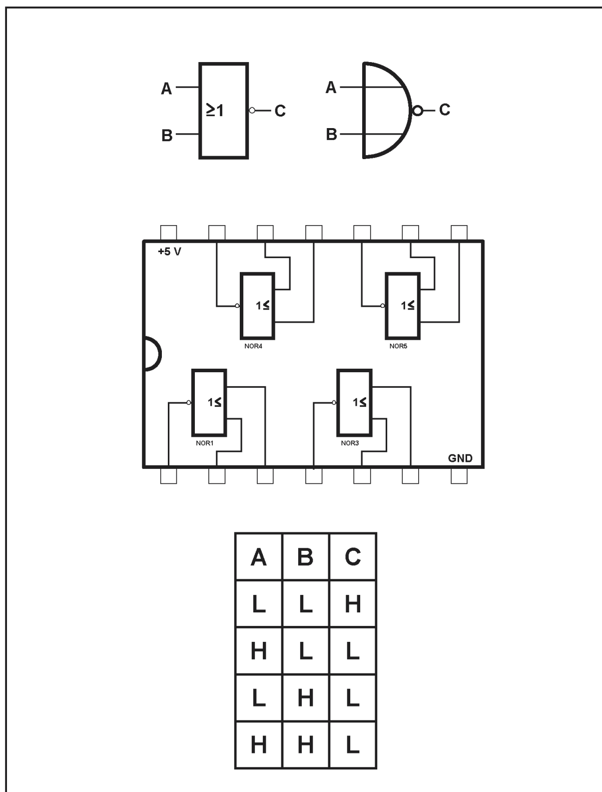
In figuur 3/13.2-71 is de interne schakeling van deze bouwsteen weergegeven. Bij vergelijking met het inwendige schema van de 7400 (figuur 3/13.2-1) vallen de overeenkomsten dadelijk op. De uitgangstrap is identiek, evenals de weerstandswaarden. Voor het uitvoeren van de logische functie zijn evenwel vier halfgeleiders noodzakelijk, namelijk T1 tot en met T4.

Als de ingangen A en B "L" zijn geleiden de transistoren T1 en T4. Gevolg is dat de basissen van T2 en T3 aan de massa liggen. Deze halfgeleiders sperren. Over R2 valt dus geen spanning. De +5 V stuurt nu de uitgang via transistor T5. Deze wordt hoog. Transistor T6 spert, over R3 wordt immers geen spanning opgebouwd.

Stel dat ingang A "L" wordt. Gevolg is dat T1 spert, zodat via de basis/collectordiode van T2 opengestuurd wordt. Als

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

gevolg gaat er een stroom vloeien die over weerstand R3 een spanning opbouwt. Transistor T6 gaat geleiden. De uitgang wordt met massa verbonden en wordt bijgevolg "L". De spanningsval over transistor T2 is zo klein, dat T5 niet geleiden kan. Uiteraard heeft het hoog worden van ingang B hetzelfde gevolg.
In figuur 3/13.2-72 is de logische werking van de NOR-poort samengevat. Tevens vindt u daar het symbool en de aansluitcode.
Het zal duidelijk zijn dat alles dat gezegd is bij de 7400 over spanningsniveaus, sturing en belasting, eveneens voor de 7402 geldt.

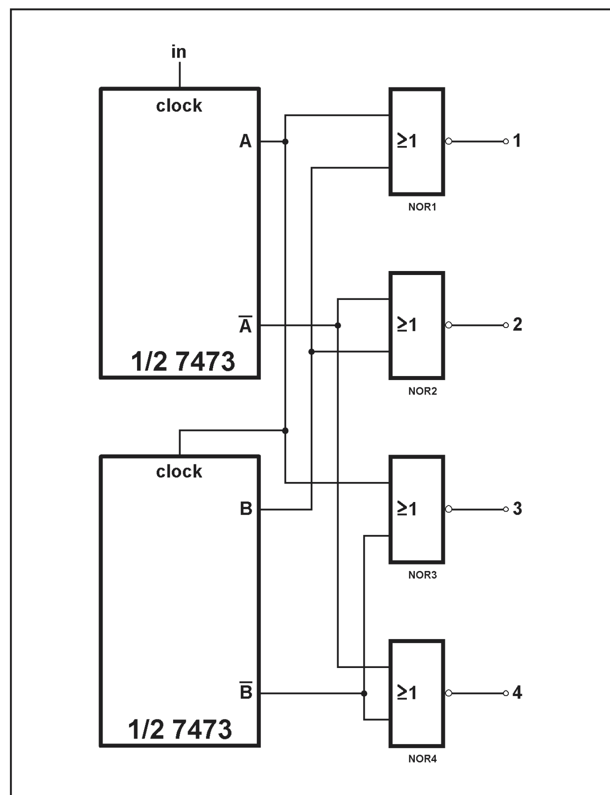


A	B	C
L	L	H
H	L	L
L	H	L
H	H	L

Figuur 3/13.2-72: De 7402 van kop tot teen.

Een alternatieve ringteller

Behalve de typische toepassingen, behorende bij de boolse schakeltechniek, biedt de 7402 niet zoveel mogelijkheden. Eén toepassing is echter wel een nadere uitwerking waard. Bij de bespreking van de 7401 werd reeds vermeld hoe u met een viervoudige poort en een dubbele flip-flop een ringteller kunt maken. Bij die toepassing liep een "L" de vier uitgangen van de schakelingen door. Meestal bestaat echter de behoefte aan een ronddravende "H". Dan kan de 7402 het speelveld ingestuurd worden. De figuren 3/13.2-73 en -74 maken veel woorden overbodig. In figuur 3/13.2-75 zijn de vier spanningen voor het impulsen-nageslacht vereeuwigd.



Figuur 3/13.2-73: Een alternatieve ringteller met een ronddolende "H".

De 7402 als lichtslang

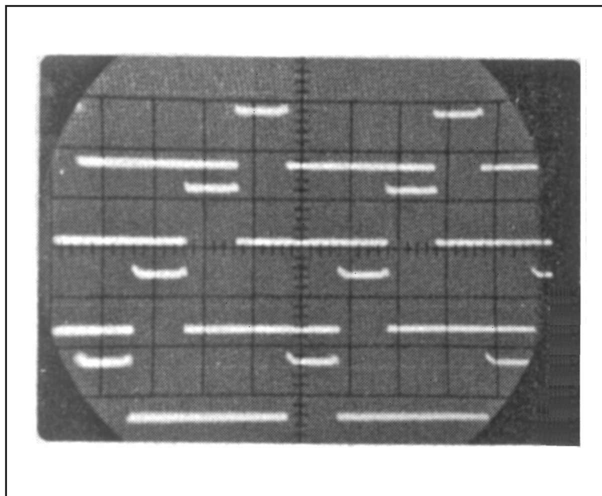
Met deze eenvoudige schakeling kunt u bijvoorbeeld een "lopende lichtslang" of "running light" samenstellen. Het volstaat iedere uitgang met een darlington

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

transistor af te sluiten. In figuur 3/13.2-76 is dit in beeld gebracht. Darlington T1/T2 stuurt het eerste, vijfde, negende, enz. lampje. Darlington T3/T4 neemt de nummers 2 - 6 - 10 voor zijn rekening.

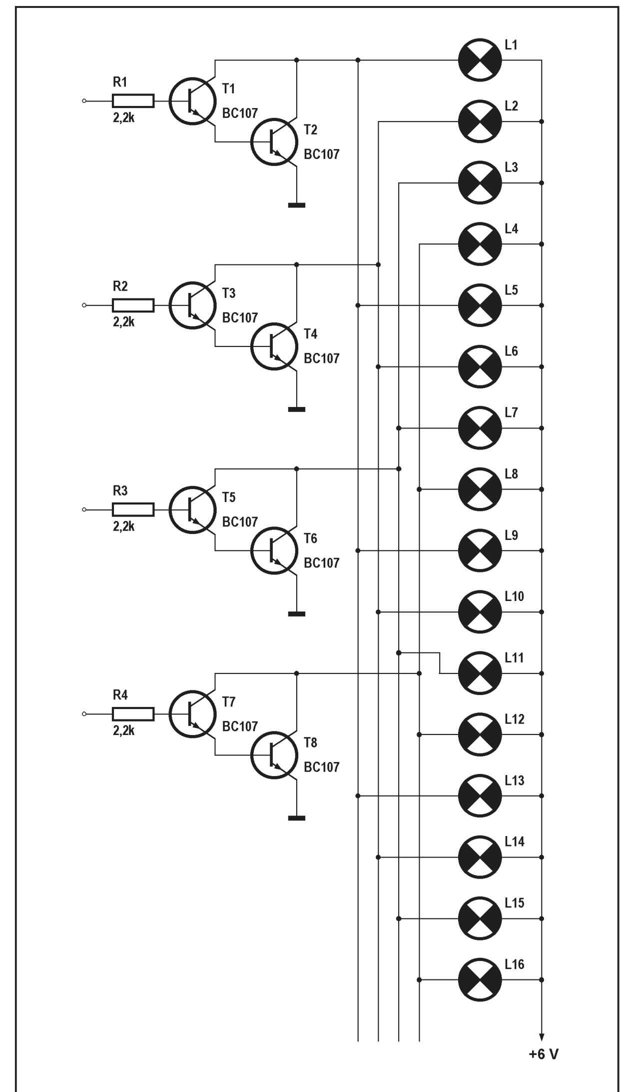
A	$\overline{A}$	B	$\overline{B}$	1	2	3	4
L	H	L	H	H	L	L	L
H	L	L	H	L	H	L	L
L	H	H	L	L	L	H	L
H	L	H	L	L	L	L	H

Figuur 3/13.2-74: De waarheidstabel van de schakeling van figuur 3/13.2-73.



Figuur 3/13.2-75: De vier uitgangspulsen van de schakeling van figuur 3/13.2-73 in de praktijk.

De overige lampjes worden tussen T5/T6 en T7/T8 verdeeld. Als klokgenerator neemt u bijvoorbeeld een 7413 als AMV geschakeld. De condensator krijgt een tamelijk hoge waarde, zodat de klokfrequentie niet veel hoger is dan 5 Hz. Bij aanschakelen lijkt het net of het licht met hoge snelheid door de lichtslang draaft. Het praktische nut van deze schakeling ligt uiteraard hoofdzakelijk in de etalage-inrichting en disco.



Figuur 3/13.2-76: De uitbreidingsschakeling waarmee u van een 7402 een lichtslang maakt.

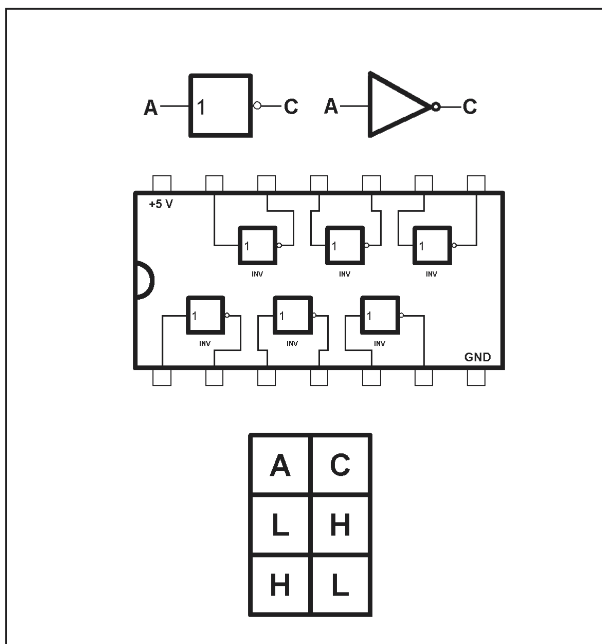
7404

Zesvoudige inverter

Een inverter is, zoals u weet, een schakeling die een puls omzet in zijn comple-

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

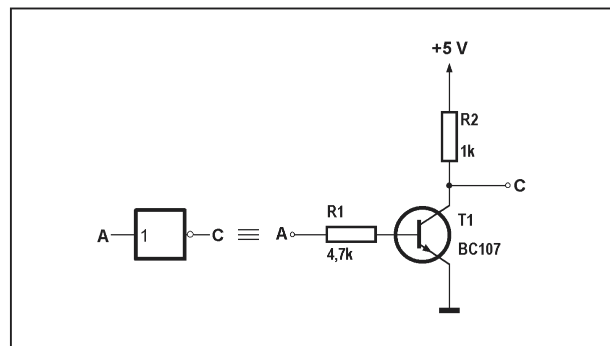
ment. Een "H" wordt een "L" en vice versa. In de digitale techniek is het vaak noodzakelijk over het complement van een signaal te beschikken. Nu is het uiteraard mogelijk een NAND of NOR als inverter te gebruiken door beide ingangen parallel te schakelen. Maar op deze manier wordt dit IC ver onder zijn capaciteiten benut. Dat vonden de IC-fabrikanten blijkbaar ook en het gevolg was een ruim assortiment van typische inverter IC's.
De goedkoopste is de 7404, waar zes inverters ingebouwd zijn. Het inwendige schema is gelijk aan dat van de 7400. Het enige verschil is de ingangstransistor die met slechts één emitter door het leven moet gaan.
In figuur 3/13.2-77 zijn alle identiteitsbepalende gegevens verzameld.



Figuur 3/13.2-77: De gegevens van de 7404.

Inverteren

De meeste toepassingen van dit IC liggen in de zuivere logische schakelingen. Heeft u bij een bepaalde toepassing slechts een of twee inverters nodig, dan is het zeer oneconomisch daarvoor een IC met zes schakelingen te verkwisten. Een transistor met twee weerstandjes, zoals voorgesteld in figuur 3/13.2-78, is dan beter op zijn plaats, zolang de werkfrequentie niet te hoog wordt.

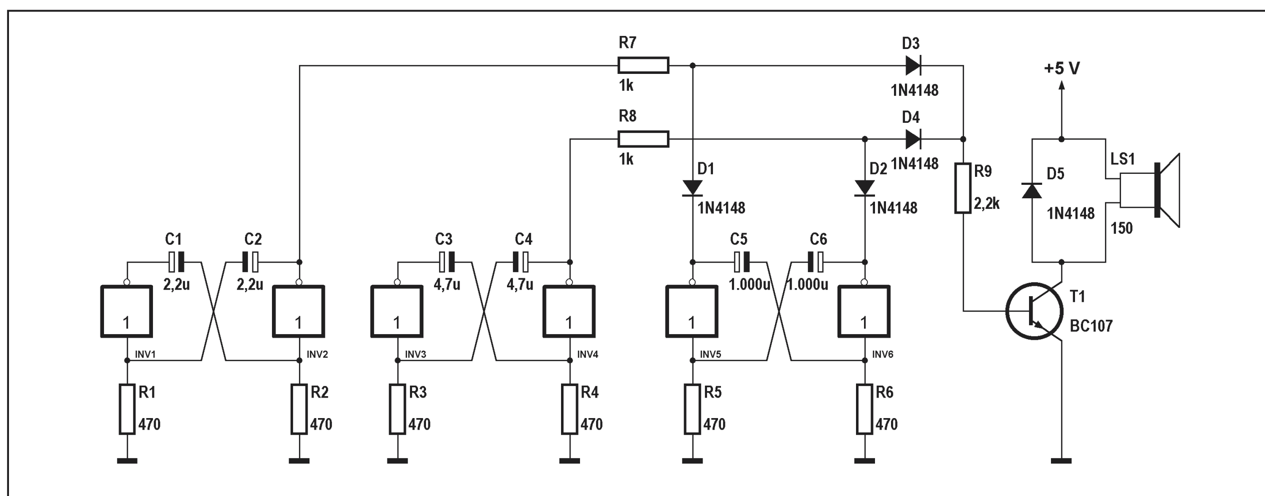


Figuur 3/13.2-78: Een transistor en twee weerstandjes kunnen vaak een inverter vervangen.

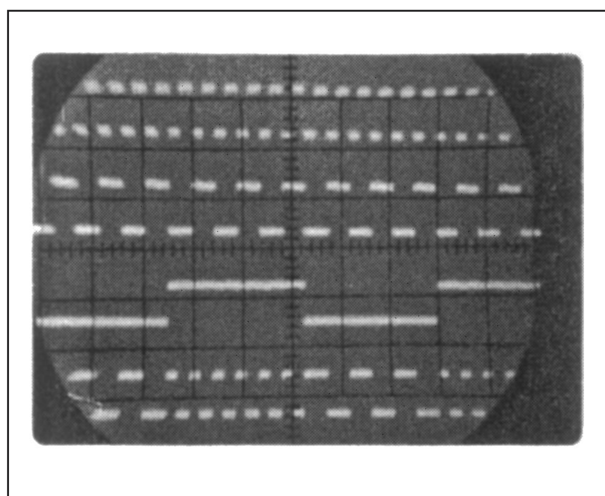
Tweetonig acoustisch alarm

Een schakeling, waar de 7404 wel volledig tot zijn recht komt en die zowaar nog praktisch bruikbaar kan zijn, is getekend in figuur 3/13.2-79. Het IC wordt hier gebruikt in een tweetonig acoustisch alarm. De inverters INV1 en INV2 vormen de reeds bekende astabiele multivibrator. Deze schakeling is uitvoerig besproken bij de 7400. Omdat de waarde van R1 en R2 niet te groot mag zijn, wordt u verplicht de condensatoren tamelijk groot te kiezen, zodat het gebruik van elco's onvermijdelijk wordt. Met een waarde van 2,2 µF wordt de opgewekte frequentie 424 Hz. INV3 en INV4 spelen het zelfde spelletje wat resulteert in een frequentie van 215 Hz. De bedoeling is dat deze twee toontjes afwisselend aan de luidspreker worden aangeboden. Het derde inverterpaartje INV5 en INV6 levert aan de uitgang twee blokgolven met een frequentie van ongeveer 1 Hz.

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten



Figuur 3/13.2-79: Een tweetonig alarm kunt u samenstellen met slechts zes inverters.



Figuur 3/13.2-80: De spanningsvormen uit de schakeling van figuur 3/13.2-79.

Uiteraard verlopen deze signalen complementair. De werking is nu duidelijk. Stel dat de uitgang van INV5 “L” is. Gevolg is dat het 424 Hz signaal via R7 en D1 naar massa wordt afgeleid. Omdat de uitgang van INV6 “H” is, spert D2 zodat de 215 Hz kanteelspanning ongehinderd via R8-D4-R9 de basis van transistor T1 bereikt. Een halve seconde later veranderen de inverters INV5 en INV6 van toestand. Het gevolg is dat het lage signaal onderdrukt wordt.

Het hoge toontje zal de luidsprekerconus aan het trillen brengt. Diode D5 tempert de inductieve spanningspieken van de luidspreker.
In figuur 3/13.2-80 is een en ander in beeld gebracht. Om de werking duidelijk te maken, werd de frequentie van de derde oscillator drastisch verhoogd.

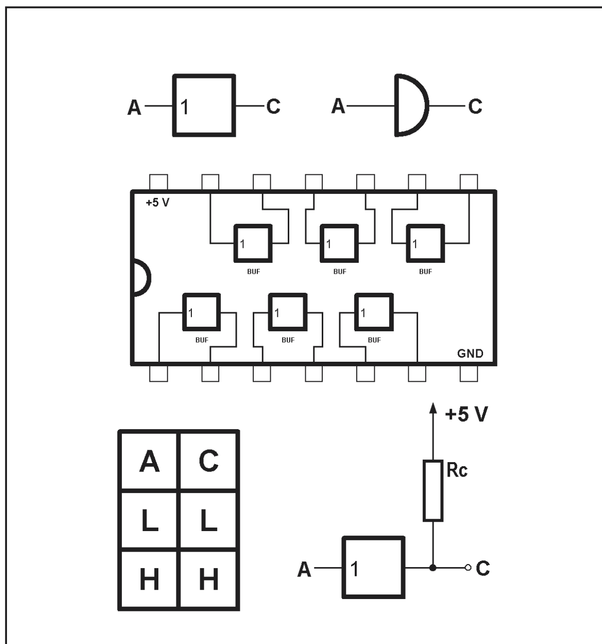
7407

Viervoudige buffer

TTL-IC's worden vaak ingezet in gecompliceerde analoge schakelingen. Te denken valt aan analoog-naar-digitaal omzetters, afstandsbesturing, enzovoort. Naast de ontelbare voordelen, zoals eenvoud van schakeling, hoge schakelsnelheid en plaatsbesparing, zijn er toch een paar punten die voor problemen kunnen zorgen. Allereerst natuurlijk de beperkte voedingsspanning van +5 V. Direct gevolg is dat de TTL-impulsen een maximale amplitude hebben van 4 V. Veel analoge schakelingen nemen met deze minipulsjes geen genoegen. Bovendien leveren TTL-IC's niet steeds adonissen van pulsen af. Het “dak” van een tien-

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

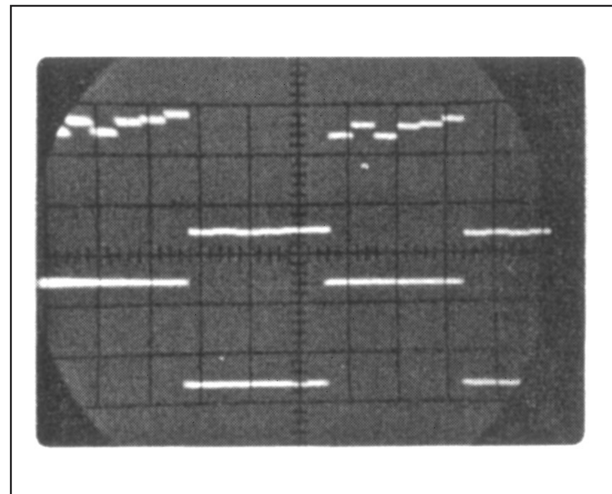
teller uitgangspuls kan wel eens vrij hobbelig zijn. Om deze problemen op te lossen zijn er bufferschakelingen ontwikkeld, die de TTL-impulsen omvormen tot grote en welgebouwde signalen.
De 7407 is de meest universele buffer. Ieder exemplaar bevat zes schakelingen. Dit IC wordt in figuur 3/13.2-81 voorgesteld. U merkt de uitwendige belastingsweerstand Rc op, die met een externe spanning Vc wordt gevoed.



Figuur 3/13.2-81: De zesvoudige uitgangsbuffer 7407.

Het nut van dit IC blijkt uit figuur 3/13.2-82. Een uitgangspuls van een TTL twaalfdeler die zeker moeders mooiste niet is, wordt omgevormd tot een fraaie rechthoek. De amplitude van de puls is gelijk aan de waarde van +Vc en u heeft deze dus volledig in de hand, het maximum is echter 30 V. Verder voordeel is dat de eindtrap van het IC een stroom van 40 mA kan verwerken, zodat u bijvoorbeeld thyristoren en triac's rechtstreeks uit dit IC kunt sturen.

Zoals opgemerkt bij de 7401 brengt het gebruik van de uitwendige belastingsweerstand een vergroting van de pulsstijgtijd met zich mee. U moet bijgevolg de weerstand Rc zo laag mogelijk kiezen.



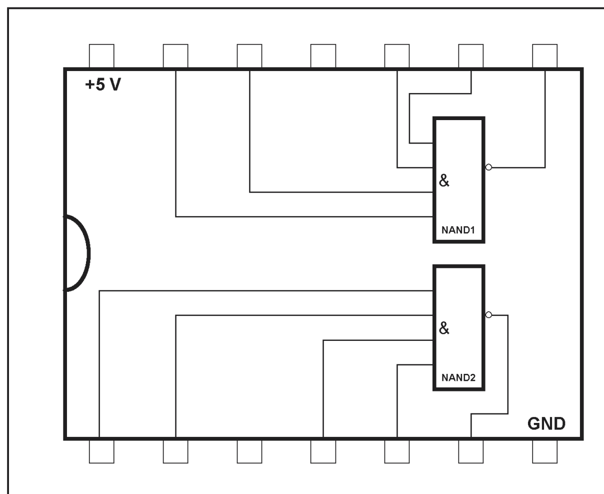
Figuur 3/13.2-82: De uitgangspuls van een 7492 ondergaat een "total make-over" dankzij de schoonheidsspecialist 7407.

7440

Vermogen-NAND
Zoals reeds bij de bespreking van de 7400 uitgelegd, doet zich bij TTL het vreemde verschijnsel voor dat de IC-ingangen stroom sturen in de zich op "L"-niveau bevindende uitgang van de voorgaande poort. Deze stroomgrootte wordt uitgedrukt door de "fan-in". Iedere fan-in eenheid komt overeen met 1,6 mA. De tot nu toe besproken poorten hebben allen een fan-in van 1. Dit wil zeggen dat iedere ingang een stroom van 1,6 mA stuurt in de "L" uitgang van de voorgaande poort. Het spreekt vanzelf dat die uitgang niet zomaar een willekeurig aantal ingangsstromen kan verwerken. Hoe groot zijn capaciteiten zijn

13.2 Basis-schakelingen met TTL-poorten

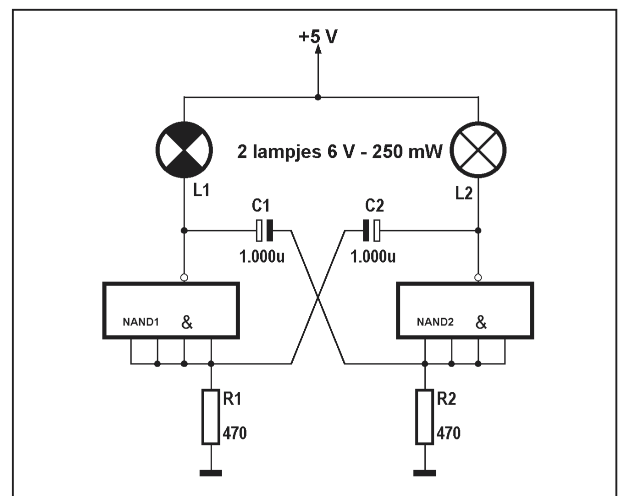
wordt aangeduid door de "fan-out". De besproken poorten hebben een fan-out van 10, hetgeen overeenkomt met een stroom van 16 mA. Iedere poort kan dus tien ingangen van andere poorten sturen. Helaas zijn er IC's die ingangen hebben met veel grotere fan-in's. Zo heeft bijvoorbeeld de klokingang van een 7475 een fan-in van 4. Dit heeft tot gevolg dat een normale poort slechts twee van dergelijke IC's kan sturen. Om deze moeilijkheid te omzeilen is er een zogenaamde vermogen-NAND ontwikkeld, met een fan-out van 30. Dit is de 7440, inhoudende twee NAND's met vier ingangen. De uitgangen kunnen 48 mA verwerken, tenminste als hun niveau laag is. U kunt dus normale 6 V - 50 mA lampjes rechtstreeks met dit IC sturen. De aansluitgegevens zijn voorgesteld in figuur 3/13.2-83.



Figuur 3/13.2-83: De aansluitgegevens van de 7440.

Eenvoudig knipperlicht

Een leuke toepassing van de 7440 is een knipperlichtschakeling, die bij modelbouw goede diensten kan bewijzen. In figuur 3/13.2-84 is het schema getekend. U herkent de astabiele multivibrator, die dankzij de grote condensatoren op een frequentie van ongeveer 2 Hz oscilleert. Telkens als er een uitgang "L" wordt, vloeit er stroom door het lampje. Dit licht op, terwijl het andere lampje gedoofd is. Als de oscillator omklapt gaat het tweede lampje branden en dooft het eerste.



Figuur 3/13.2-84: De meest eenvoudige knipperlichtschakeling met een 7440.

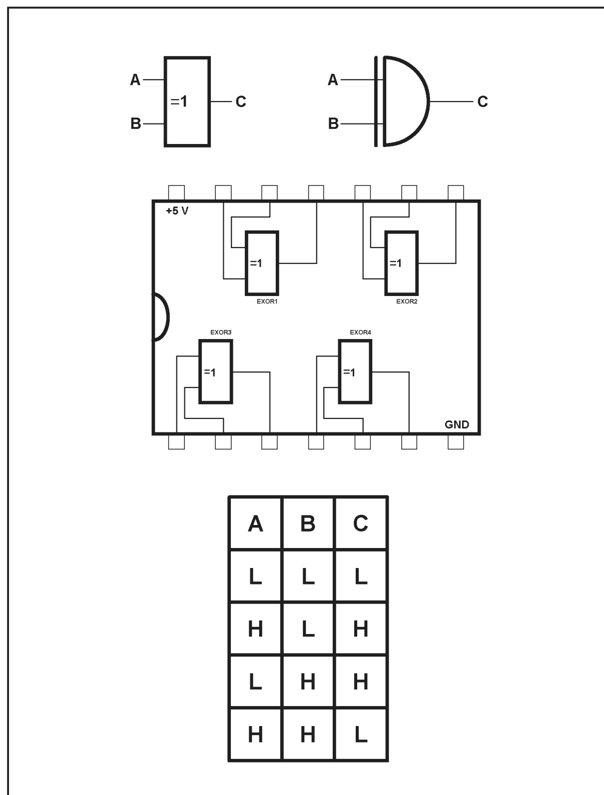
7486

Viervoudige exclusive-OR

Bij de bespreking van de 7400 werd als laatste toepassing een digitale vergelijker besproken, die de toestand van twee binaire signalen met elkaar vergelijkt. Zijn beide signalen "H" of "L", dan wordt de uitgang van de vergelijker "L".

Meestal wilt u veel meer dan twee signalen met elkaar vergelijken. Om dit zo eenvoudig mogelijk te maken is de 7486 ontwikkeld. Dit IC bevat vier binaire vergelijkers, die ook exclusive-OR of EXOR worden genoemd. In figuur 3/13.2-85 zijn alle noodzakelijke gegevens samengevoegd. Met één IC kunt u dus twee cij-

fers van 0 tot en met 9 met elkaar te vergelijken, onder de voorwaarde dat deze cijfers onder BCD-vorm aanwezig zijn.

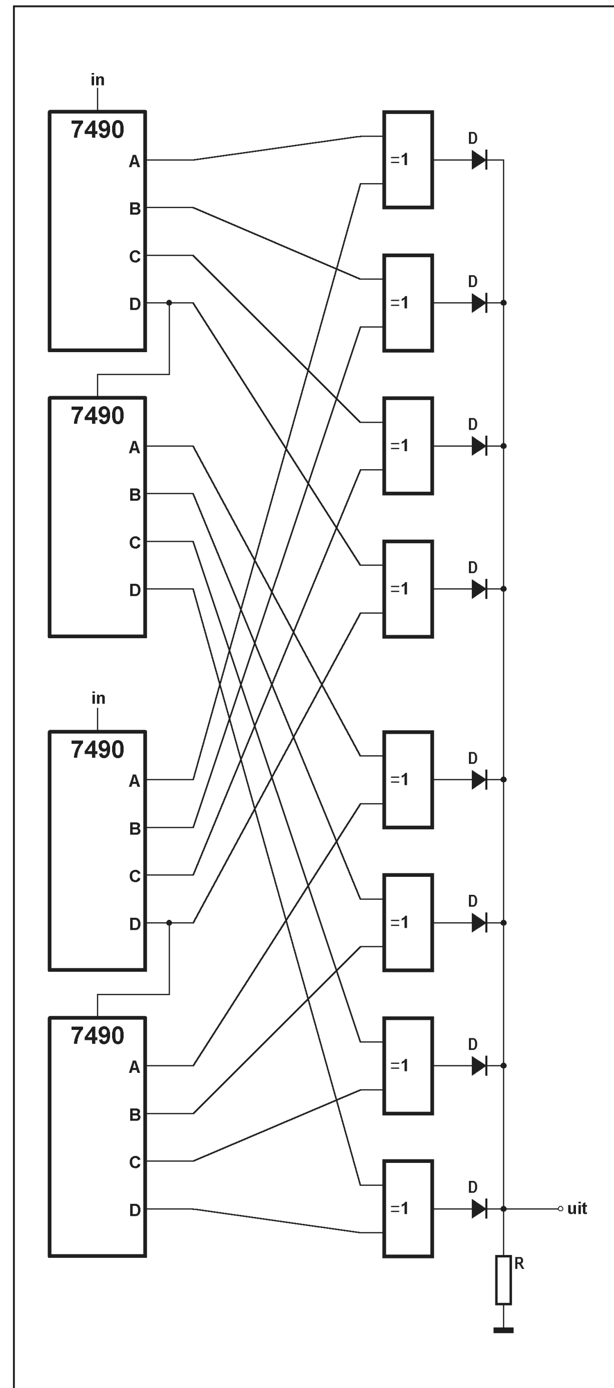


A	B	C
L	L	L
H	L	H
L	H	H
H	H	L

Figuur 3/13.2-85: De gegevens van de 7486.

Elektronische koekoeksklok

In figuur 3/13.2-86 is een praktische toepassing van de 7486 getekend. Dit is een deel van het schema van een elektronische koekoeksklok. De eerste teller, opgebouwd uit twee tientellers, is de normale urenteller die aanwezig is in iedere digitale klok. Met de tweede teller wordt het aantal "koekoeks" geteld, opgewekt door een koekoeksgenerator. Zolang dit aantal kleiner is dan de stand van de urenteller, zijn er een of meer uitgangen van de exclusive-or poorten "H", zodat er dioden geleiden en de uitgang op "H" niveau houden. Als de generator het juiste aantal "koekoeks" heeft opgewekt, worden alle poort-uitgangen "L". De uitgang wordt eveneens "L" en stopt via een flip-flop de koekoeksgenerator.



Figuur 3/13.2-86: Met deze schakeling kunt u de inhoud van twee tellers vergelijken.

3/18

Principes van energieregeling en -bezuiniging

Inhoud

3/18.5

Energie besparen met T5 verlichting

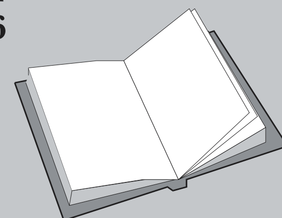
De T5 buis

Van T12 of T8 naar T5
In de Nederlandse en Belgische bedrijven en kantoren hangen miljoenen TL armaturen, die in de meeste gevallen nog steeds zijn voorzien van oude T12 of T8 buizen. Deze buizen worden op de bekende manier uit de 230 V netspanning gevoed via een ballast en een starter. In principe kunt u heel wat energie bezuinigen door om te schakelen naar de moderne T5 buizen. Echter, deze buizen zijn korter en dunner dan hun T12 en T8 collegae (zie figuur 3/18.5-1) en passen dus niet zonder meer in uw armaturen.
Zij werken bovendien volgens een andere technologie: zij moeten namelijk via een zogenoemd “EVA”, een “Elektronisch Voorschakel Apparaat”, van hoogfrequente spanning worden voorzien. Zij hebben bovendien geen starter.
Uiteraard bestaan er kant-en-klare armaturen voor T5 buizen. Het omschakelen van T12/T8 naar T5 is dan een zeer dure grap. U moet al uw bestaande T12/T8 armaturen van muren en plafonds slopen en vervangen door de nieuwe T5 armaturen. Omdat deze kleiner zijn moet u vaak ook nog eens geld gaan uitgeven aan schilderwerk omdat de omtrekken van de oude armaturen in de meeste gevallen zichtbaar blijven op uw oud schilderwerk.

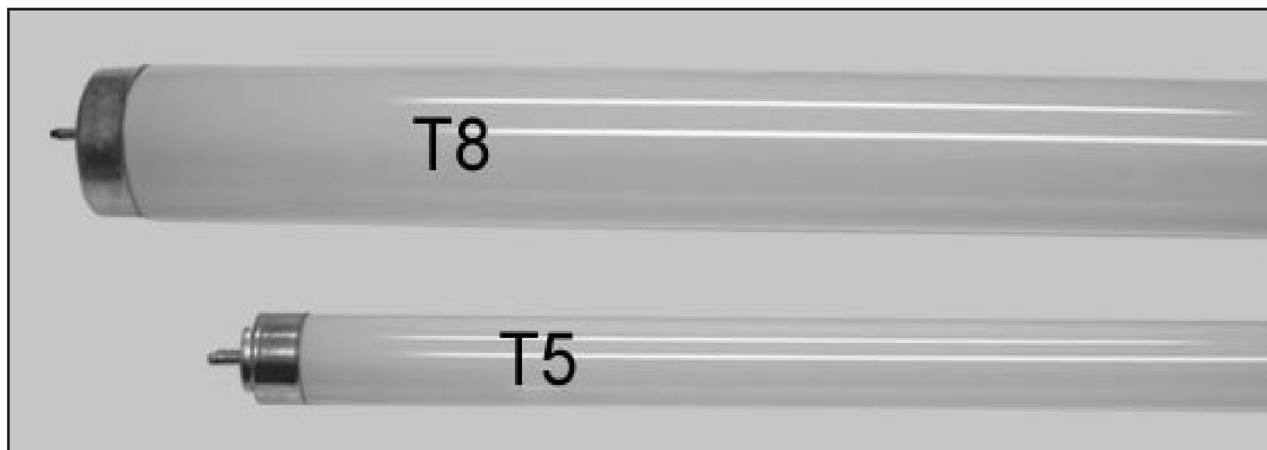
Ombouwset’s
Gelukkig brengen diverse fabrikanten ombouwset’s in de handel, waarmee u de nieuwe kleinere T5 buizen in uw oude armaturen kunt gebruiken. De totale kosten van het omschakelen naar T5 worden daardoor geminimaliseerd.

De afmetingen van T5
In vergelijking met de oude T8 buizen zijn de nieuwe T5 buizen niet alleen korter, maar ook dunner. T8 buizen hebben een diameter van 26 mm, T5 hebben een diameter van slechts 16 mm. Die diameters zijn gestandaardiseerd. In figuur 3/18.5-2 hebben wij een overzicht gegeven van de diameters van alle fluorescentie buizen volgens de T-standaard.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/15.2
Hoofdstuk 4/15.4
Hoofdstuk 4/15.11
Hoofdstuk 4/15.16



18.5 Energie besparen met T5 verlichting



Figuur 3/18.5-1: Vergelijking van een oude T8 buis met de moderne T5 soortgenoot.

Op zich is die kleinere diameter natuurlijk geen probleem, maar anders is het gesteld met de lengte van de buizen. De fabrikanten hebben de T5 buizen bewust ongeveer vijf centimeter korter gemaakt dan hun T8 soortgenoten, zodat u nooit een T5 buis in een T8 armatuur kunt monteren. Dat mag niet, vanwege de reeds genoemde andere aansturing van de T5 buizen. In de tabel van figuur 3/18.5-3 ziet u de vier gestandaardiseerde lengtes van T5 buizen. Uiteraard is de lengte afhankelijk van het vermogen van de buizen.

CODE	DIAMETER
T2	7 mm
T3	9 mm
T4	13 mm
T5	16 mm
T8	26 mm
T9	30 mm
T12	38 mm

Figuur 3/18.5-2: De gestandaardiseerde diameters van TL-buizen.

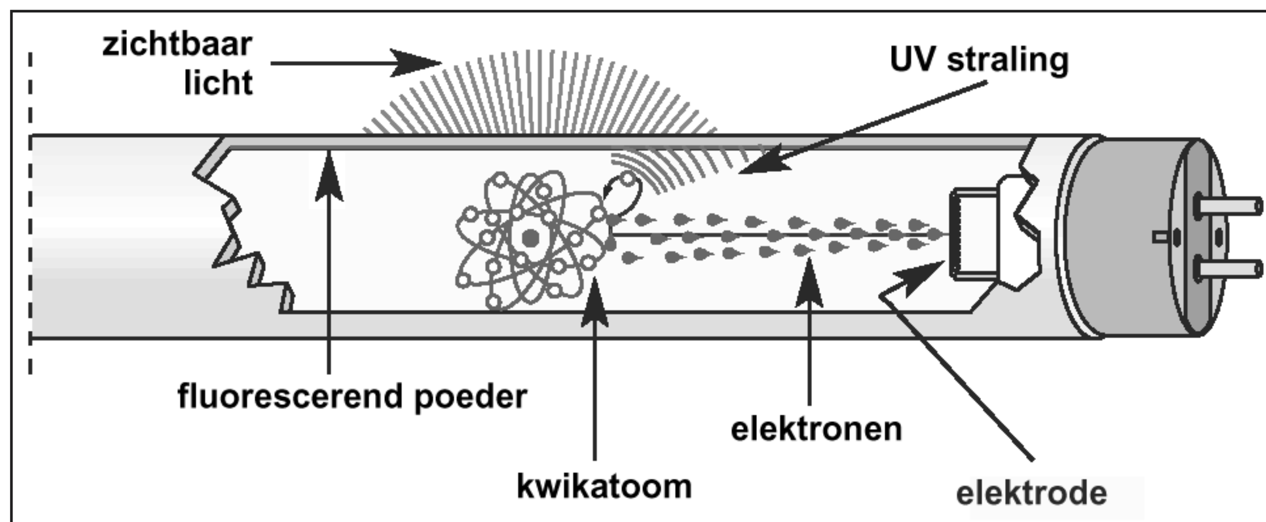
VERMOGEN	LENGTE
HE: 14 W, HO; 24 W	549 mm
HE: 21 W, HO: 39 W	849 mm
HE: 28 W, HO: 54 W	1.149 mm
HE: 35 W, HO: 49 W	1.449 mm

Figuur 3/18.5-3: De gestandaardiseerde lengtes van de nieuwe T5 buizen.

De technologie van T5

T5 buizen werken, zoals alle TL-buizen, volgens het fluorescentie principe. In de buis is een beetje gasvormig kwik aanwezig in een inert gas onder lage druk. Als de buis wordt ingeschakeld, zullen gloeidraden links en rechts in de buis dit kwik verhitten en elektronen uitstralen, zie figuur 3/18.5-4, zodat het kwik gemakkelijk kan worden geëxiteerd. De kwikdamp verspreid zich bovendien door de buis waardoor de inwendige weerstand van de buis gaat dalen. Door het verhitten van het kwik neemt de elektronenstroom door de buis toe. Op een bepaald moment vloeien de elektronen met zo'n hoge snelheid door de buis dat zij in

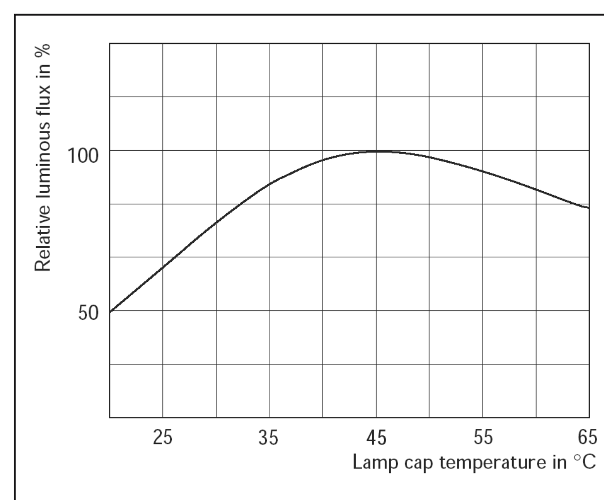
18.5 Energie besparen met T5 verlichting



Figuur 3/18.5-4: De werking van een kwikgevulde gasontladingsbuis.

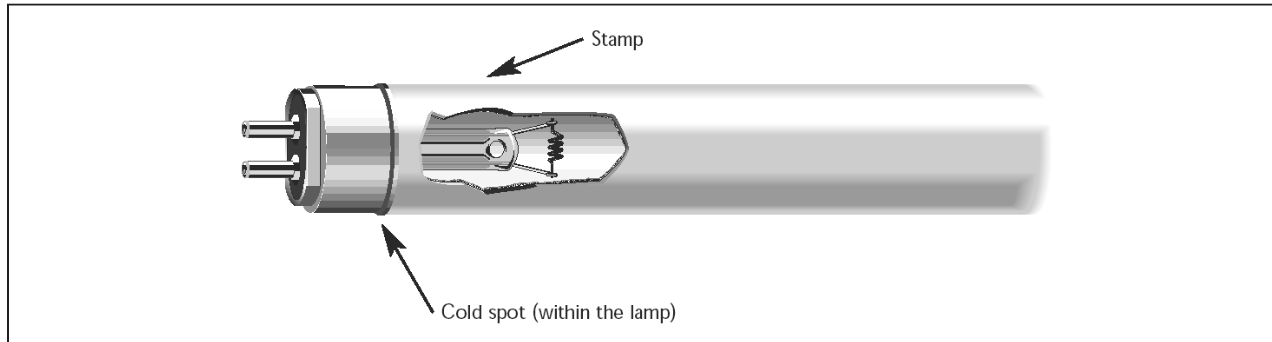
staat zijn de kwikatomen te exiteren. Bij dit proces, waar we verder in dit hoofdstuk wat dieper op ingaan, gaan de kwikatomen ultraviolette straling uitzenden. Deze straling verspreid zich door de buis en bereikt uiteraard ook de glazen wand van de buis. Deze wand is aan de binnenzijde voorzien van een menging van fluorescerende poeders. Deze zetten de ultraviolette straling om in zichtbaar licht. Tot zover niets nieuws.
Het nieuwe is de fluorescerende laag op de binnenzijde van de buis. Deze is samengesteld uit drie poeders, vandaar dat men spreekt over “tri-phosfor coating”. Deze laag heeft een aantal spectaculaire eigenschappen, waaruit zich de voordelen van het gebruik van T5 verlichting laten verklaren.

Cold-spot technologie
Een ander zeer fundamenteel verschil met de traditionele T12 en T8 buizen is dat een T5 buis werkt volgens het zogenoemde “cold spot” principe. De lichtemissie van een lage druk kwikdamp lamp is afhankelijk van de kwikdruk in de buis. Deze druk is weer afhankelijk van de temperatuur van de koudste plek in de buis. Uit experimenten is gebleken dat een kwikdamp buis een maximaal rendement heeft als de temperatuur van de koudste plek in de buis gelijk is aan 45 °C, zie figuur 3/18.5-5. Om dit te realiseren heeft men één uiteinde van de buis uitgevoerd als “koude kamer”, zie figuur 3/18.5-6.



Figuur 3/18.5-5: Het verband tussen lichtopbrengst en de temperatuur van de koudste plek in de buis.

18.5 Energie besparen met T5 verlichting



Figuur 3/18.5-6: De constructie van de "koude kamer" aan een uiteinde van de T5 buis.

Deze koude kamer is gesitueerd aan het uiteinde van de buis waarop het typenummer is gestempeld. Een T5 buis is dus, in tegenstelling met haar T8 en T12 soortgenoten, niet helemaal symmetrisch van opbouw.

Voordelen van T5

Omschakelen naar de nieuwe T5 technologie heeft een groot aantal voordelen.

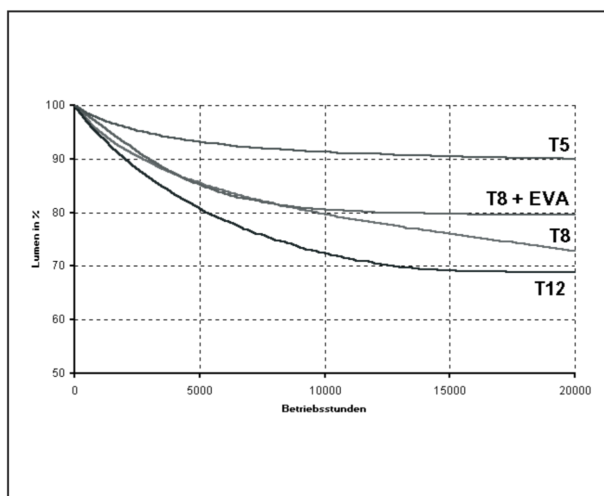
- Het rendement van de "tri-phosfor coating" is hoog, waardoor het grootste deel van de ultraviolette straling wordt omgezet in zichtbaar licht.
- Als gevolg hiervan heeft een T5 buis een veel hogere lichtopbrengst dan een T12 of T8 buis, een waarde van 104 lm/W is zonder meer te realiseren. U kunt dus buizen gebruiken met minder vermogen en tóch eenzelfde hoeveelheid licht genereren. Dit feit alleen al bespaart u ongeveer 8 % aan energie!
- Een T5 buis straalt erg weinig ultraviolette straling uit.
- De speciale samenstelling van de coating zorgt ervoor dat de lichtopbrengst ook op lange termijn vrij constant blijft. Na 10.000 branduren is de lichtemissie nog steeds gelijk aan 92 % van de nieuwwaarde. In figuur 3/18.5-7 hebben wij deze eigenschap vergeleken met deze van T12 en T8 buizen. Zelfs een T8 buis die wordt gevoed door een moderne elektronische ontsteekunit, een EVA, moet het op dit punt afleggen.
- Vanwege de starterloze aansturing met HF-spanning hebben de twee gloeidraden een veel langere levensduur. De levensduur van een T5 buis is dan ook aanzienlijk langer dan deze van een T12 of T8 buis, soms wel een factor drie!
- Omdat het voorschakelapparaat werkt volgens het "pre-heating" principe, waarbij eerst de twee gloeidraden worden opgewarmd tot er voldoende kwikdamp klaar is voor exitatie en nadien de ontsteekspanning over de buis wordt gezet, schakelen T5 buizen in zonder het irritante geknipper van rechtstreeks uit de 50 Hz netspanning gevoede buizen.
- De kleinere diameter heeft tot gevolg dat fabrikanten veel kleinere armaturen kunnen ontwerpen, zie figuur 3/18.5-8.
- Deze kleinere afmetingen met een veel kleinere reflector achter de buis hebben tot gevolg dat het uitgestraalde licht veel beter wordt geconcentreerd op een werkplek. Dit is voorgesteld in de grafieken van figuur 3/18.5-9. Boven ziet u de lichtuitstra-

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

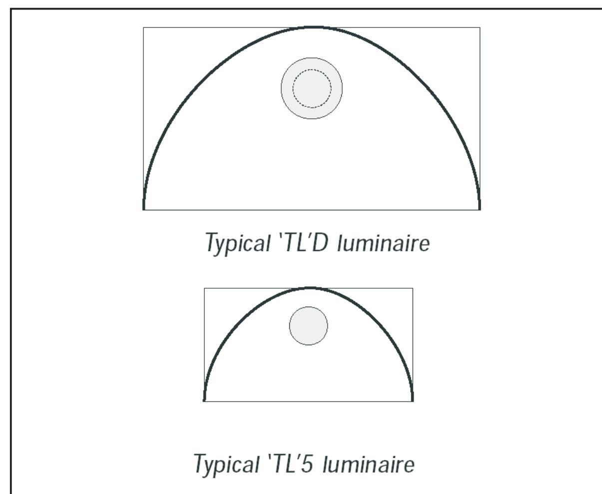
ling van een T8 buis, gemonteerd in een standaard armatuur, voorgesteld in functie van de uitstralingshoek. In de onderste grafiek zijn dezelfde gegevens voorgesteld voor een T5 buis. De lichtopbrengst, direct onder het armatuur (hoek = 0°) neemt met 25 % toe!

- Vanwege de voeding met hoogfrequente spanning rond 32 kHz hebben T5 buizen geen last van het 50 Hz geflikker. Hierdoor is er geen kans op het beruchte 50 Hz stroboscoop-effect, dus geen optische interferentie met draaiende machines.
- Dank zij de starterloze ontsteking met “pre-heater control” van de gloeidraden krijgt u steeds een optimale snelstart (minder dan 2 s), ook bij nadering van de levensduur.

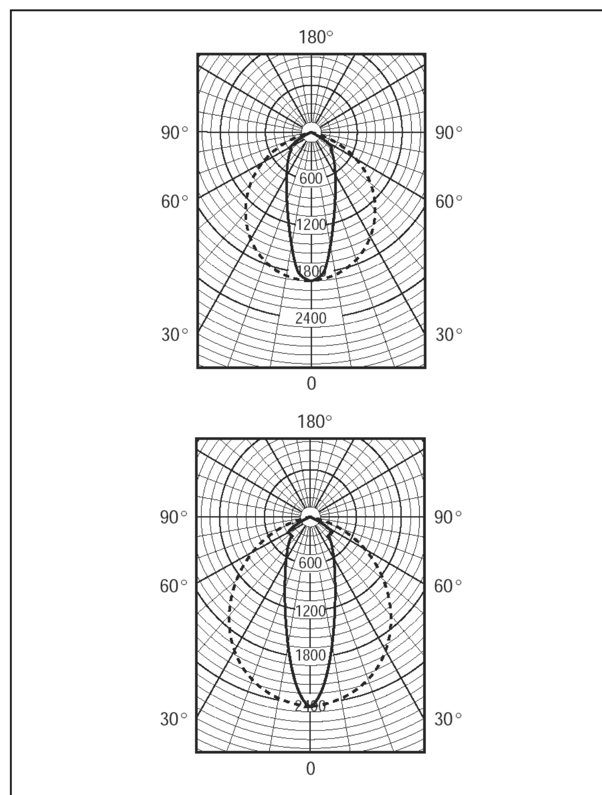
Als conclusie kunt u stellen dat u een energiebesparing van wel 30 % tot 60 % krijgt door hoge efficiëntie, meer lichtopbrengst en door minder verlies in de ballast. Een en ander is afhankelijk van het vermogen van de buis die u vervangt.



Figuur 3/18.5-7: De lichtopbrengst van de drie bekende typen T12, T8 en T5 vergeleken in relatie tot het aantal bedrijfsuren.



Figuur 3/18.5-8: Het verschil in afmetingen tussen een armatuur voor een T8 buis en een armatuur voor een T5 buis.



Figuur 3/18.5-9: De T5 armaturen concentreren het licht veel beter op de werkplek, waardoor u buizen met minder vermogen kunt toepassen.

Soorten T5 buizen

De meeste fabrikanten brengen twee soorten T5 buizen op de markt:

- T5 HE:
  "HE" staat voor "High Efficiency". Deze buizen zijn speciaal ontwikkeld voor het vervangen van T8 buizen in kantoren en fabrieken. Het vermogen is aangepast aan het vermogen dat door nationale en internationale richtlijnen wordt voorgeschreven:
  - T5 HE 14 W;
  - T5 HE 21 W;
  - T5 HE 28 W;
  - T5 HE 35 W.
- T5 HO:
  "HO" staat voor "High Output". Deze buizen leveren, met dezelfde afmetingen als de HE-typen, meer vermogen en zijn bedoeld voor die plaatsen waar een hoge lichtflux noodzakelijk is:
  - T5 HO 24 W;
  - T5 HO 39 W;
  - T5 HO 49 W;
  - T5 HO 54 W;
  - T5 HO 80 W.

Elektrische specificaties van T5 buizen

Om te voldoen aan de eisen die tegenwoordig worden gesteld aan een product dat internationaal wordt verkocht, hebben de fabrikanten er voor gezorgd dat alle elektrische specificaties van de T5 buizen conform de relevante IEC specificaties zijn.

In de tabel van figuur 3/18.5-10 is de inwendige weerstand van de gloeidraden samengevat voor de diverse uitvoeringen. Uiteraard geldt deze weerstand alleen bij een bepaalde waarde van de stroom die door de gloeidraden vloeit, dit vanwege de temperatuurscoëfficiënt van het materiaal.

	I_{test} mA	rated R Ω	min. R Ω	max. R Ω
'TL'5 HE range	160	40	30	50
'TL'5 HO 24W	350	12	9	15
'TL'5 HO 39W	350	12	9	15
'TL'5 HO 54W	500	8	6	10
'TL'5 HO 49W	260	16,5	12,38	20,62
'TL'5 HO 80W	550	7	5,25	8,75

Figuur 3/18.5-10: De weerstand van de gloeidraden.

In de tabel van figuur 3/18.5-11 zijn de stromen samengevat die door de gloeidraden moeten vloeien volgens het pre-heating procédé. De waarde van deze stroom is uiteraard afhankelijk van de pre-heating periode. Hoe korter deze periode, hoe hoger de stroom moet zijn. Dat is logisch, want de pre-heating tijd is bedoeld voor het verspreiden en opwarmen van de kwikatomen door de buis en hoe korter de tijd, hoe heter de gloeidraden moeten worden gestookt om dat voor elkaar te krijgen.

Lamp type	Preheating current mA	Preheating time 0,5 s	1,0 s	1,5 s	2,0 s	3,0 s	Substitution resistor (R_{sub})
'TL'5 HE	min. (r.m.s.)	290	235	215	200	190	40 Ω
	max. (r.m.s.)	400	350	300	250	250	40 Ω
'TL'5 HO							
24W	min. (r.m.s.)	700	550	485	450	415	12 Ω
	max. (r.m.s.)	1175	1000	825	650	650	12 Ω
39W	min. (r.m.s.)	700	550	485	450	415	12 Ω
	max. (r.m.s.)	1175	1000	825	650	650	12 Ω
54W	min. (r.m.s.)	1090	860	770	720	665	8 Ω
	max. (r.m.s.)	1370	1210	1055	900	900	8 Ω
49W	min. (r.m.s.)	490	370	320	295	265	16,5 Ω
	max. (r.m.s.)	570	490	410	330	330	16,5 Ω
80W	min. (r.m.s)	1160	905	815	765	705	7 Ω
	max. (r.m.s.)	1365	1210	1055	900	900	7 Ω

Figuur 3/18.5-11: De voorgeschreven waarde van de stroom door de gloeidraden in functie van de pre-heating tijd.

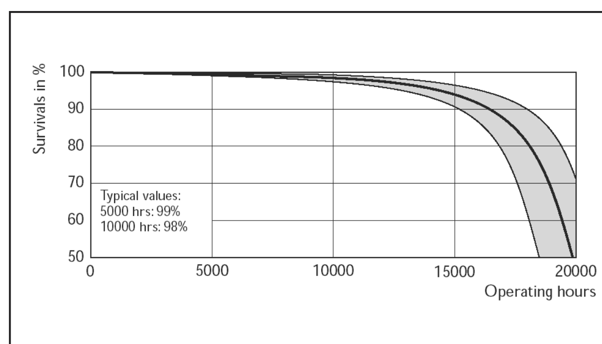
18.5 Energie besparen met T5 verlichting

In de tabel van figuur 3/18.5-12 zijn de noodzakelijke ontsteekspanningen samengevat die na de pre-heating periode over de buis moeten worden gezet om een flikkervrije ontsteking van de buis te garanderen. Uit deze tabel blijkt dat u voor de zwaarste T5 buis (80 W) een ontsteekspanning van 750 V moet genereren om er onder alle omstandigheden zeker van te zijn dat de buis ontsteekt.

Lamp type	Voltage V	During preheating	Ignition at 10 to 60 °C	Ignition at -15 to 60 °C	Substitution resistor (R_{sub})
'TL'5 HE					
14W	min. (r.m.s.)		230	275	40,0 Ω
	max.(r.m.s.)	130			40,0 Ω
21W	min. (r.m.s.)		340	390	40,0 Ω
	max.(r.m.s.)	200			40,0 Ω
28W	min. (r.m.s.)		425	530	40,0 Ω
	max.(r.m.s.)	240			40,0 Ω
35W	min. (r.m.s.)		530	700	40,0 Ω
	max.(r.m.s.)	275			40,0 Ω
'TL'5 HO					
24W	min. (r.m.s.)		280	350	12,0 Ω
	max.(r.m.s.)	130			12,0 Ω
39W	min. (r.m.s.)		350	390	12,0 Ω
	max.(r.m.s.)	175			12,0 Ω
54W	min. (r.m.s.)		520	620	8,0 Ω
	max.(r.m.s.)	240			8,0 Ω
49W	min. (r.m.s.)		450	625	16,5 Ω
	max.(r.m.s.)	225			16,5 Ω
80W	min. (r.m.s.)		580	750	7,0 Ω
	max.(r.m.s.)	250			7,0 Ω

Figuur 3/18.5-12: De minimale ontsteekspanningen die nodig zijn voor het gegarandeerd ontsteken van een T5 buis.

Als een T5 buis volgens de gegeven specificaties wordt gestart wordt een levensduur gegarandeerd van meer dan 15.000 uur. In figuur 3/18.5-13 hebben wij de gegevens van Philips weergegeven. Deze levensverwachting is opgesteld aan de hand van experimentele gegevens. Duizenden buizen werden hiervoor opgeofferd door ze duizenden keren een zogenaamde “drie-uurs cyclus” te laten doorlopen: aanschakelen, 165 minuten branden, uitschakelen, 15 minuten uit. Zo’n cyclus schijnt het best overeen te komen met het brandgedrag van een TL-armatuur in de dagelijkse praktijk.

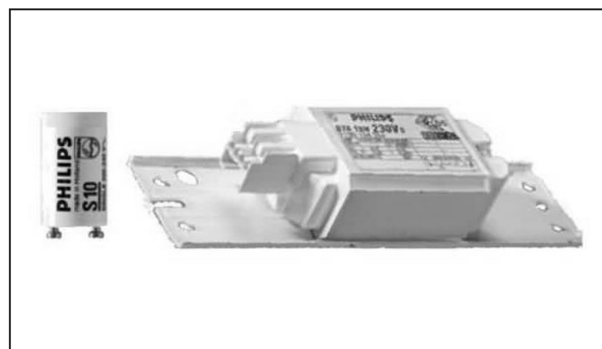


Figuur 3/18.5-13: De levensduur verwachting van T5 buizen die volgens de specificaties worden gestart.

EVA, Elektronisch Voorschakel Apparaat

Inleiding

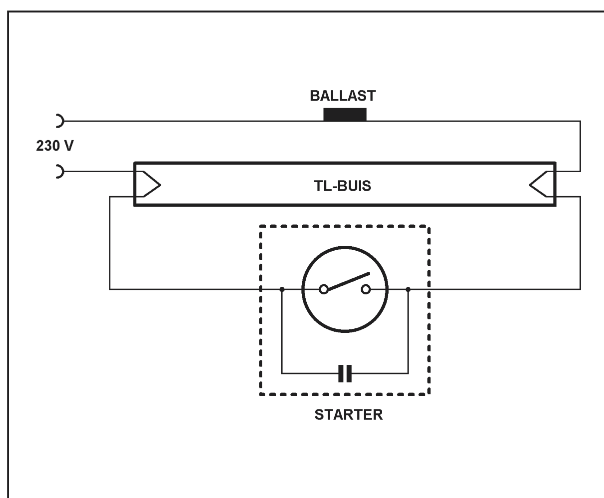
Alvorens wij u duidelijk maken hoe u een T5 buis elektronisch moet schakelen, is het misschien nuttig even de werking van de traditionele TL-ontsteking met de smoorspoel en de starter van figuur 3/18.5-14 voor de geest te halen.



Figuur 3/18.5-14: De onderdelen van de traditionele TL-ontsteking.

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

Het standaard schema van deze onderdelen rond één T12 of T8 buis is getekend in figuur 3/18.5-15. Er wordt een serieschakeling opgebouwd die bestaat uit de ballast, de rechter gloeidraad, de starter en de linker gloeidraad. De ballast is een grote spoel met ijzerkern en met een behoorlijk grote zelfinductie. De starter bestaat uit een klein glazen buisje, gevuld met neongas.



Figuur 3/18.5-15: De standaard schakeling rond een traditionele TL-buis.

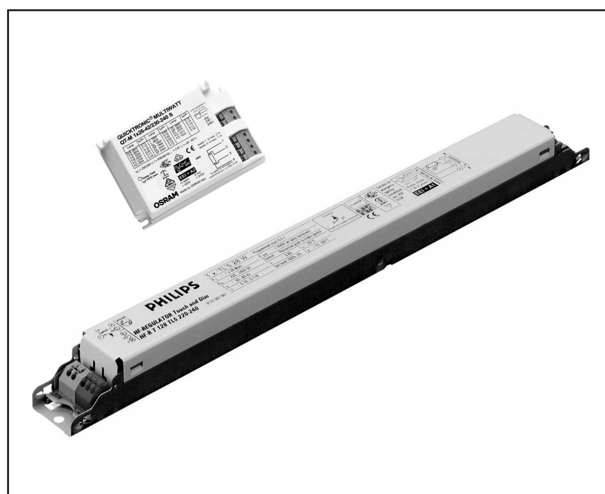
In dat buisje is een op warmte reagerende schakelaar aanwezig. Als het buisje opwarmt zal een van de elektroden kromtrekken, waardoor de twee elektroden met elkaar in contact komen en het neonbuisje wordt kortgesloten. Bij het inschakelen van de netspanning heeft de TL-buis een oneindig hoge weerstand. Ook het neongas in de starter heeft een vrij grote weerstand. Er gaat een stroom van enige tientallen mA door de serieschakeling vloeien. Het neongas in de starter gaat daardoor opwarmen waardoor na enige seconden de thermoschakelaar gesloten wordt. Uiteraard neemt de stroom in de keten sterk toe. Het gevolg is dat de gloeidraden van de TL-buis oplichten. Deze gloeidraden zijn bedekt met een stof die elektronen uitzendt als zij warm wordt. Rond de gloeidraden ontstaan dus elektronenwolken. Deze gaan als gevolg van de spanning die over de buis staat door het kwikgas van de ene naar de andere gloeidraad stromen. Daarbij botsen zij uiteraard tegen de atomen van het kwikgas. Omdat de spanning over de buis vrij laag is, zullen de elektronen niet erg snel bewegen en komt er dus bij zo'n botsing maar erg weinig botsingsenergie vrij. Omdat de thermoschakelaar in de starter gesloten is gaat het neonbuisje weer afkoelen. Na enige seconden opent de thermoschakelaar zich weer. De weerstand van het neongas wordt weer in de serieschakeling opgenomen. Hierdoor gaat de stroom weer dalen tot slechts enige tientallen mA. De zelfinductie van de ballast zal zich, zoals elke zelfinductie, verzetten tegen het plotseling wegvallen van de stroom. De spoel wil de stroom op de oude waarde in stand houden en wekt een zeer hoge zelfinductiespanning op. Deze spanning komt uiteraard ook over de TL-buis te staan. Door deze hoge spanning zullen de elektronen die zich door de buis verplaatsen veel sneller gaan bewegen. Dat heeft tot gevolg dat er bij een botsing tussen zo'n snel elektron en een kwikatoom elektronen uit dat atoom uit hun stabiele baan rond de atoomkern worden gestoten. Er ontstaat nu een tamelijk ingewikkeld fysisch proces in het geëxiteerde atoom, dat gasontlading wordt genoemd. Het gevolg is dat het atoom ultraviolette golven gaat uitzenden. De binnenwand van de TL-buis is bedekt met een fluorescerende stof. Deze gaat zichtbaar licht uitstralen als zij bestookt wordt met ultraviolette golven.

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

Het exiteren van de atomen door de elektronen is een zichzelf in stand houdend proces. De weerstand van het kwikgas gaat zeer sterk dalen waardoor de elektronenstroom door het gas in stand wordt gehouden ook zonder dat de gloeidraden worden opgewarmd. In feite wordt de stroom in een ontstoken TL-buis alleen begrensd door de ohmse weerstand van de ballast.

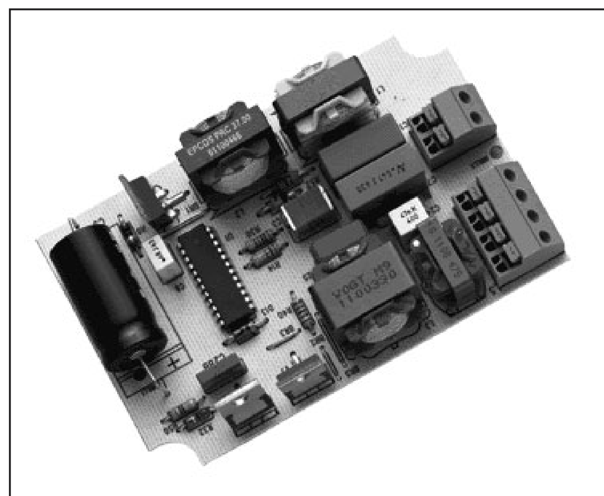
EVA: Elektronisch Voorschakel Apparaat

De moderne T5 buizen ***mogen niet volgens dit traditioneel systeem worden opgestart***, zij zouden het niet lang overleven. De T5 buizen zijn ontwikkeld voor sturing met HF-spanning rond 32 kHz uit een EVA, een Elektronisch Voorschakel Apparaat. Dit apparaat zorgt voor de voorverwarming van de gloeidraden en nadien voor het opwekken van de hoge ontsteekspanning over de buis. EVA's zijn verkrijgbaar in diverse uitvoeringen. In figuur 3/18.5-16 hebben wij twee veel voorkomende typen voorgesteld, boven een van Osram, onder een van Philips.

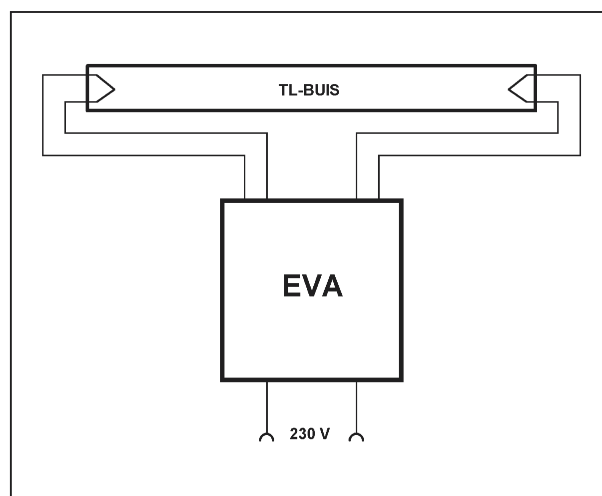


Figuur 3/18.5-16: Twee uitvoeringen van een EVA, een Elektronisch Voorschakel Apparaat.

De duurdere uitvoeringen zijn voorzien van een stuuringang, waarop u een gelijkspanning tussen 0 V en 10 V kunt aansluiten voor het dimmen van de lamp. Er zijn ook typen verkrijgbaar die een DALI-interface hebben.
Dat er heel wat elektronica nodig is voor het aansturen van een T5 buis bewijst de foto van figuur 3/18.5-17, waar u een blik wordt gegund op het interne van het Osram EVA van figuur 3/18.5-16.



Figuur 3/18.5-17: De interne elektronica van een EVA.



Figuur 3/18.5-18: Het aansluiten van een T5 buis op een EVA.

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

Het aansluiten van een T5 buis op zo'n EVA is de eenvoud zelve. De twee gloeidraden worden rechtstreeks met de betreffende uitgangen van het apparaat verbonden, zie figuur 3/18.5-18. Dat is alles!

Ombouwset's

Inleiding
Zoals reeds in de inleiding van dit hoofdstuk geschreven is een van de voornaamste oorzaken van de trage omschakeling van T8 naar T5 het kostenplaatje. As u al uw T8 armaturen in uw kantoor of bedrijf wilt vervangen door T5 armaturen kost u dat een hoop geld. Bovendien zit u met het probleem van de kleinere afmetingen, waardoor u vaak zit met lelijke rechthoekige vlekken op uw plafonds en muren.
Het is dan ook niet verbazingwekkend dat diverse fabrikanten op de idee zijn gekomen ombouwset's op de markt te brengen, waarmee u de nieuwe T5 buizen kunt monteren in uw bestaande T8 armaturen.
Daarbij moeten twee problemen worden opgelost:
– de T5 buizen zijn ongeveer 5 cm korter dan de standaard T8 buizen, er moet dus een lengte-adapter worden toegepast;
– het standaard ontsteeksysteem met ballast en starter moet worden vervangen door een EVA.
In de volgende paragraafjes willen wij een paar van deze ombouwset's voorstellen.
Tussen haakjes, het ombouwen van een T8 naar een T5 armatuur wordt tegenwoordig met een duur woord "retrofitting" genoemd. 't Is maar dat u het weet!

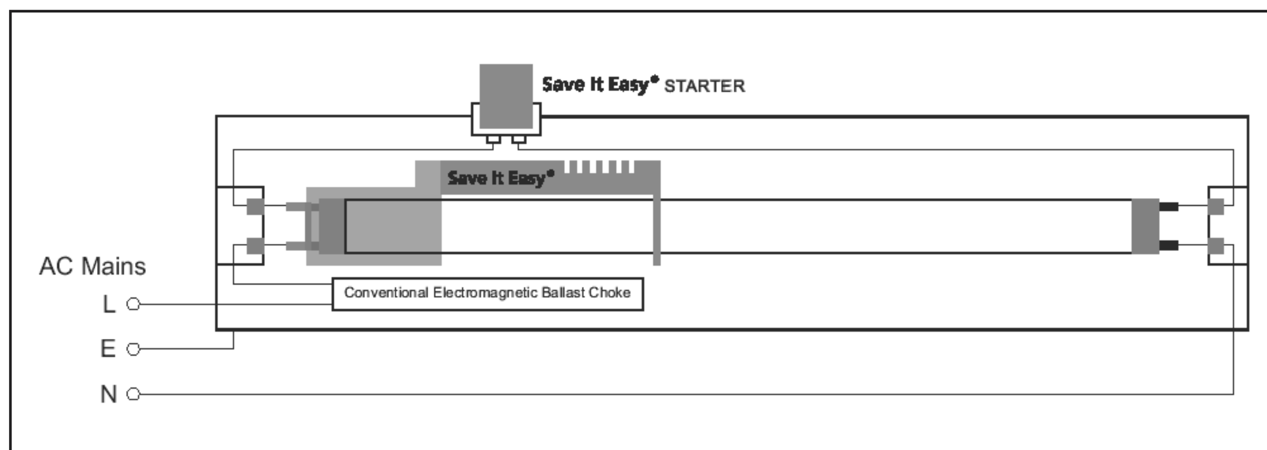
"SAVE-IT-EASY" SO2 ombouwset
Deze door het Duitse Reinig Inotech ontworpen en in figuur 3/18.5-19 voorgestelde ombouwset bestaat uit een lengte-adapter, waarop een EVA is gemonteerd.
Het ombouwen gaat in een paar eenvoudige en snelle stappen:
– u verwijdert de T8 buis uit het armatuur;
– u haalt de bestaande starter uit het T8 armatuur;
– u monteert de SO2 starter in de plaats van de oude starter;
– u klikt de nieuwe T5 buis in de lengteadapter;
– u monteert buis plus adapter in het T8 armatuur.
Zoals uit figuur 3/18.5-20 blijkt, blijft de oude ballast in serie met het systeem opgenomen, maar volgens de fabrikant veroorzaakt dit een verliesvermogen van slechts ongeveer 1 W.



Figuur 3/18.5-19: De SO2 ombouwset van Reinig Inotech.

Helaas geeft de Nederlandse importeur, te bereiken via www.saveiteasy.nl, op deze site geen enkele prijsindicatie ("mail ons voor prijsinformatie of neem

18.5 Energie besparen met T5 verlichting



Figuur 3/18.5-20: Uw oude T8 armatuur, voorzien van een SO2 ombouwset en een nieuwe T5 buis.

contact op met een van onze dealers"), wat wij nooit een erg gunstig teken vinden.

Retrolux T5

Deze door Westinghouse ontwikkelde retrofitting set is voorgesteld in figuur 3/18.5-21. Deze set bestaat uit een eigen armatuur, waarin u de T5 buis monteert en dat als geheel precies in een oud T8 armatuur past. Ook nu moet u de oude starter uit het T8 armatuur verwijderen, het gaatje van de starter blijft bij deze oplossing echter leeg.



Figuur 3/18.5-21: De Retrolux T5 ombouwset van Westinghouse.

De Retrolux T5 is voorzien van een aansluiting, waarop u een stuursignaal voor het dimmen van de T5 buis kunt aansluiten.
Hoe uw T8 armatuur er na de ombouw komt uit te zien is voorgesteld in figuur 3/18.5-22.



Figuur 3/18.5-22: De Retrolux T5 set is in uw T8 armatuur gemonteerd.

De Retrolux T5 ombouwset is verkrijgbaar voor de volgende T8 buizen:

– 18 W, 600 mm;

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

– 30 W, 900 mm;
– 36 W 1.200 mm;
– 58 W 1.500 mm.

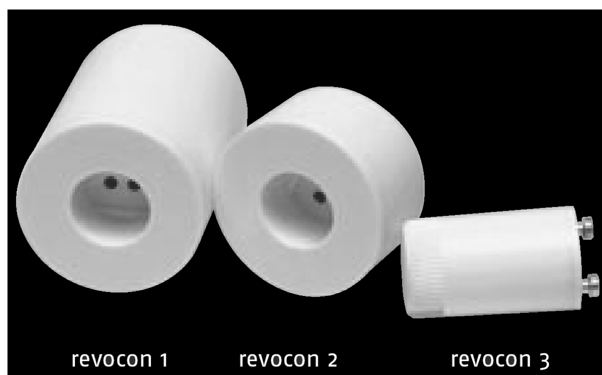
Deze buizen worden dan vervangen door T5 buizen van:
– 14 W;
– 21 W;
– 28 W;
– 35 W;

wat op zich al een heleboel energie bespaart!

Helaas geldt ook voor deze ombouwset dat op de site van de Nederlandse importeur (www.gem-holland.nl) geen enkele prijsinformatie wordt gegeven.

Revocon T12/T8 naar T5 ombouwset

De kritiek op het ontbreken van prijsinformatie geldt gelukkig niet voor de laatste retrofitting set, de Revocon T12/T9 naar T5 ombouwset. Deze set is meteen ook de meest revolutionaire van het stel. Dank zij subminiatuur elektronica bevat de zeer kleine ombouwset alle elektronica die nodig is voor het aansturen van de moderne energiezuinige T5 buizen. Met de drie onderdelen van de Revocon, voorgesteld in figuur 3/18.5-23, plaats u een T5 buis in één minuutje in uw bestaande TL-armaturen. U schuift de T5 buis in de Revocon 1 en Revocon 2, vervangt de bestaande starter door de Revocon 3 en klaar is kees! Door gebruik te maken van de modernste subminiatuur elektronica is de fabrikant er in geslaagd een EVA is te bouwen in een van de twee adapters, in de Revocon 1 om precies te zijn. Deze adapter is slechts 52 mm lang en heeft een diameter van 39 mm. Een unieke prestatie! Deze adapter moet, zie figuur 3/18.5-24, aan de kant van de "cold spot" van de buis worden gemonteerd, dus aan het uiteinde waar het typenummer op de buis is gedrukt.



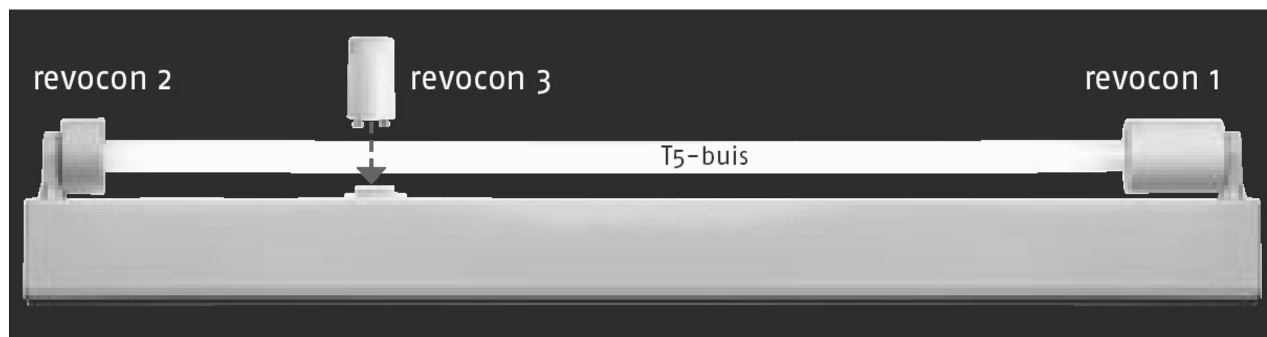
Figuur 3/18.5-23: Een wonder van moderne elektronica: Deze drie kleine onderdeeltjes bevatten alle elektronica voor het starten van een T5 buis.



Figuur 3/18.5-24: De grootste adapter, de Revocon 1, moet aan het koude einde van de buis worden gemonteerd.

U bouwt in zes snelle stappen uw oude armaturen om:
– verwijder de oude T12 of T8 buis uit uw armatuur;
– verwijder de oude starter uit uw armatuur;
– zet de nieuwe Revocon 3 in de plaats van de starter in uw armatuur;
– steek de Revocon 1 adapter op de T5 buis aan de kant van de beschrifting;
– steek de Revocon 2 adapter aan de andere zijde op de T5 buis;

18.5 Energie besparen met T5 verlichting



Figuur 3/18.5-25: Een door middel van de Revocon set omgebouwd T8 armatuur.

– monteer de T5 buis in uw armatuur. Ook nu blijft dus de oude ballast in het systeem aanwezig en verliest u dus wat vermogen in dit onderdeel.

In figuur 3/18.5-25 ziet u hoe uw oud T8 armatuur is omgebouwd naar een T5 armatuur.

De Revocon ombouwset kost € 33,48 ex. 19 % BTW en is per postorder te bestellen via www.energie-besparing.nu.

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

5/6

Audio-Hifi: platenspelers

Inhoud

5/6.2

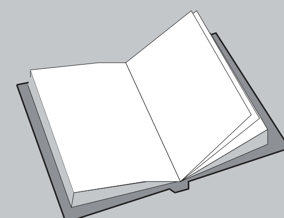
De ELP laser turntable

Inleiding

Vinyl nog lang niet dood!
Het lijkt een anachronisme in deze moderne digitale tijd, maar de oeroude vinyl geluidsdrager is nog lang niet dood. Als u daar even over doordenkt is dit niet zo vreemd. Immers, de vinyl geluidsplaat is de enige geluidsdrager die het eeuwige leven heeft. Alle andere geluidsdrager hebben in min of meerdere mate last van degradatie in functie van de tijd.

- Analoge magnetische registratie:
  Zelfs bij zorgvuldige opslag onder lage temperatuur "vervaagt" het magnetisch patroon op een magnetische tape onherroepelijk. Dat is een gevolg van de fysische eigenschappen van het magnetiseringsproces en voor een klein deel ook een gevolg van de invloed van het magnetisch veld van de aarde. Regelmatig kopieën maken heeft weinig zin, want iedere kopie heeft een mindere kwaliteit dan het origineel.
- Digitale magnetische registratie:
  Ook digitaal opgenomen audio op tape of op een harde schijf heeft niet het eeuwige leven. Specialisten van IBM schatten de betrouwbare leesperiode van gegevens op harde schijf op dertig jaar. Het is natuurlijk mogelijk regelmatig een kopie te maken. Vanwege de digitale structuur van de gegevens kan dit zonder kwaliteitsverlies, maar het eist een strikte organisatie en natuurlijk tijd.
- Optische registratie of film:
  Geluid kan zowel analoog als digitaal op een fotogevoelige filmstrip worden geschreven. Ook dát is een proces met haken en ogen, omdat de soepelheid van de film afneemt en er, na verloop van tijd, heel gemakkelijk filmbreuk optreedt.
- Digitale registratie op CD-R:
  Wat ooit hét medium zonder problemen leek, de optisch beschrijfbare CD, is inmiddels behoorlijk door de mand gevallen. CD-R's hebben last van CD-rot, waardoor de reflecterende eigenschappen van de laag waarin de gegevens zijn gebrand afneemt en na verloop van tijd weergave niet meer

LEES OOK:
Hoofdstuk 5/6.1
Hoofdstuk 5/7.1
Hoofdstuk 5/7.4



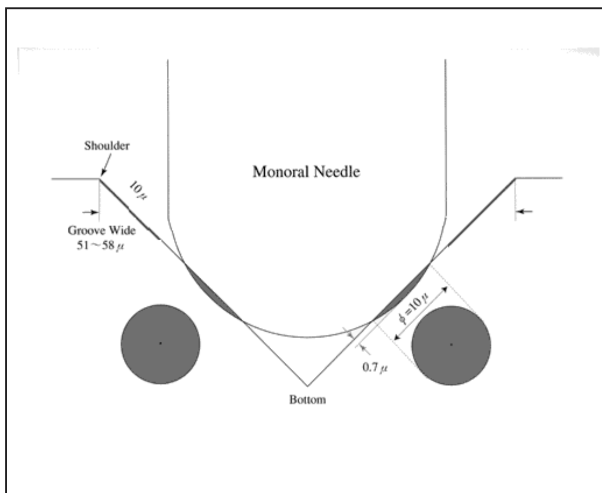
6.2 De ELP laser turntable

voor 100 % gegarandeerd wordt. Dezelfde specialisten van IBM schatten de levensduur van gegevens op CD-R op maximaal vijf jaar!

De vinyl plaat, met haar spiraal waarin de audiogegevens op een analoge manier mechanisch zijn vastgelegd, heeft van al deze problemen geen last. Als u een oude langspeelplaat goed bewaart, dan kunnen uw kleinkinderen deze binnen honderd jaar nog afspelen alsof zij nieuw was!

Het afspelen is wél een probleem

De voordelen van deze niet-destructieve data-opslag op vinyl platen gaan helaas verloren bij het afspelen ervan. Immers, iedere keer dat u een plaat afspeelt, beschadigt de naald de groef. Dat is niet zo verbazingwekkend als u bedenkt dat het contactoppervlak tussen naald en groefwand ongeveer 78 μm^2 bedraagt. Dit is zeer illustratief voorgesteld in figuur 5/6.2-1.



Figuur 5/6.2-1: Het aftasten van de groef van een vinyl plaat door de naald. Het contactoppervlak is zeer klein, met als gevolg dat de naald de groef zal beschadigen.

Een naaldkracht van een paar gram oefent op zo'n klein oppervlak een immens grote druk uit. Deze druk zal, in combinatie met de snelheid van het aftasten, de groef zeer plaatselijk flink verhitten. Het gevolg is dat er moleculen uit de groefwand worden gefreesd en gerukt, waardoor uiteraard beschadigingen ontstaan.

Deze beschadigingen uiten zich vooral bij de weergave van de hoogste frequenties, waardoor het geluid steeds vlakker en minder transparant gaat klinken.

Een revolutionaire optische aftastmethode

In 1982 studeerde R. E. Stoddard af aan de Universiteit van Stanford met een proefschrift, waarin theoretisch werd aangetoond dat het mogelijk was de informatie, die in de groef van een vinyl plaat mechanisch is gemoduleerd, optisch uit te lezen door middel van een laser. Op dat moment was dat niets meer dan een proeve van theoretisch denken en niemand dacht dat het mogelijk was deze technologie in de praktijk te brengen.

Stoddard geloofde echter heilig in zijn idee en begon, samen met collega R. N. Stark, een klein bedrijfje dat Final Technology werd genoemd. Stark was een expert op het gebied van servo-elektronica en ontwikkelde de ingewikkelde mechanische systemen die nodig waren om de straal van de laser de groef van de plaat te laten volgen. Zeven jaar later en na een investering van US$ 20.000.000,00, geleend van investeerders, hadden de twee ontwerpers het eerste prototype klaar van een waarlijk revolutionair apparaat. Een platenspeler die vinyl platen aftastte en weergaf zonder enig mechanisch contact met de plaat!

6.2 De ELP laser turntable



Figuur 5/6.2-2: De nieuwste uitvoering van de ELP laser turntable.

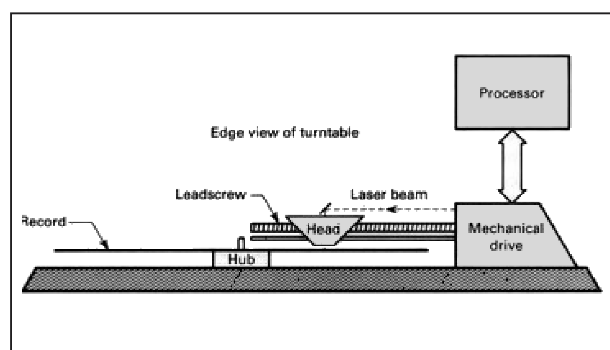
Helaas brak, net op dat moment, de door Philips en Sony ontwikkelde Audio-CD massaal door. Iedereen verklaarde de vinyl plaat dood en het mooie prototype van de twee ontwerpers belandde in de kast.
In Japan was er ene S. Chiba, een ondernemer die het geloof in de vinyl plaat niet was kwijt geraakt en er van droomde dat het door Philips en Sony ontwikkelde idee van laseraftasting bij de Audio-CD ook bruikbaar gemaakt kon worden voor het aftasten van vinyl platen.
Zoals dat vaak gaat, toevallig kwam hij in contact met Stoddard met als gevolg dat er een nieuw bedrijfje werd opgericht, ELP genoemd en gevestigd in Japan. Chiba en Stoddard investeerden nog eens zeven jaar in de verdere ontwikkeling en modernisering van het eerste prototype.
Het resultaat was een commercieel apparaat, dat in 1997 op de Japanse markt verscheen: de eerste en voor zover bekend enige laser turntable! Een in alle opzichten revolutionair apparaat, waarvan er inmiddels wereldwijd een duizendtal verkocht zijn.

De ELP laser turntable
Het eerste commerciële apparaat is inmiddels opgevolgd door een tweede, dat onder de naam “ELP laser turntable” vanaf 2000 wordt verkocht voor een prijs van US$ 14.300,00. Een sappige prijs, maar vergeet niet dat u, als u prijs stelt op de allerhoogste kwaliteit, voor een traditionele draaitafel, een arm, een element en een naald een bedrag van € 7.500,00 op tafel legt. Vergeleken met dit totaalbedrag is de prijs van de laser turntable natuurlijk vrij concurrerend. In figuur

5/6.2-2 stellen wij deze tweede generatie ELP laser turntable voor. Een vrij fors apparaat met een gewicht van niet minder dan 19 kg en met afmetingen van 470 bij 480 bij 170 mm^3.

De technologie

Radiale aftasting
Zoals u ongetwijfeld had verwacht, werkt de laser turntable met een radiale aftasting. Dit systeem is geschetst in figuur 5/6.2-3. De leeskop waarin de lasers zitten wordt door middel van een mechanische aandrijving en een zeer nauwkeurige spindel heen en weer over het oppervlak van de plaat gestuurd. Deze beweging wordt gestuurd vanuit een processor die weer informatie ontvangt van de leeskop en op deze manier in staat is de leeskop precies de groeven in het plaatoppervlak te laten volgen.



Figuur 5/6.2-3: Het basisprincipe van de laser turntable: een processor stuurt, via een mechanische aandrijving en een spindel, de leeskop radiaal over het oppervlak van de plaat.

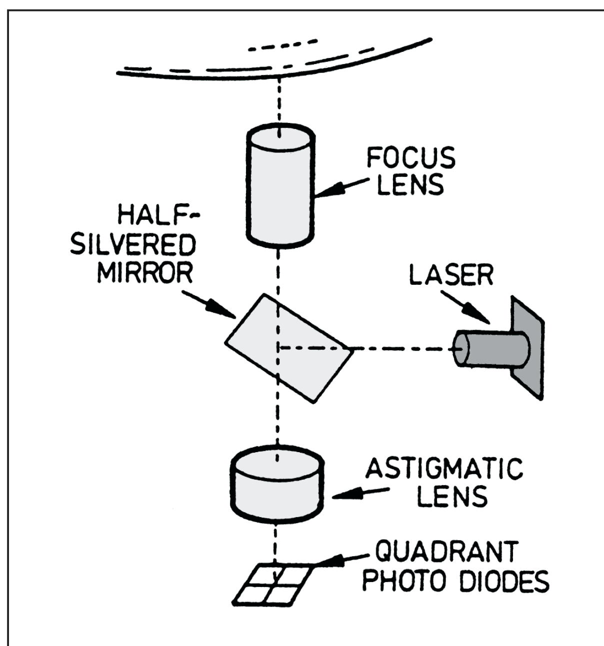
Deze radiale aftasting is natuurlijk het eerste grote voordeel van dit apparaat. Bij het snijden van de moederplaat werd immers ook gebruik gemaakt van radiale besturing van de snijkop. De leeskop voert dus precies dezelfde beweging uit als de snijkop, iets dat van een traditionele arm met een draaipunt rechts achter de plaat, niet kan worden gezegd.

Vijf laserstralen
Om het systeem goed te laten werken zijn niet minder dan vijf laserstralen noodzakelijk:
- Laserstraal 1:
  Deze Height Beam genoemde straal zorgt ervoor dat de afstand tussen oppervlak van de plaat en leeskop onder alle omstandigheden constant blijft, zelfs als u te maken heeft met een kromgetrokken plaat. De Height Beam moet er zelfs voor zorgen dat, als een kras onder de leeskop verschijnt, de leeskop even iets lager wordt geplaatst, zodat de audiogegevens onder de kras uit de groef worden gelezen. ***Oppervlakkige krassen worden dus vaak niet waargenomen bij het spelen van een plaat met de laser turntable!***
- Laserstralen 2 en 3:
  Deze Tracking Beam genoemde stralen zorgen ervoor dat de leeskop precies boven de groef wordt gepositioneerd en de groef blijft volgen, ook bij een plaat waar het gat een beetje decentraal is geperst.
- Laserstralen 4 en 5:
  Deze Data Beam genoemde stralen lezen de audio-informatie uit de linker en rechter wanden van de groef en zetten deze om in twee analoge signalen.

De Height Beam
Het systeem waarmee de afstand tussen de leeskop en de plaat constant wordt gehouden is vergelijkbaar met het focussys-

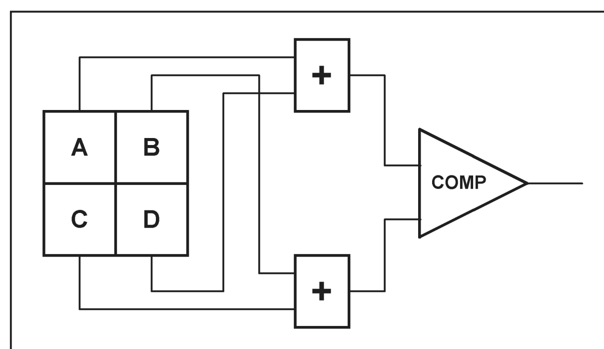
6.2 De ELP laser turntable

teem dat in iedere CD-speler aanwezig is en is voorgesteld in figuur 5/6.2-4.



Figuur 5/6.2-4: Het focus systeem van de Height Beam.

De Height Beam is afkomstig van één van de twee lasers die in het optische systeem aanwezig zijn. De straal wordt via een halfdoorlatende spiegel afgebogen naar de focus lens en gaat dan naar het oppervlak van de vinyl plaat. De straal wordt gereflecteerd en gaat via dezelfde lens en de halfdoorlatende spiegel naar een astigmatische lens. Het gereflecteerde beeld wordt door deze lens op een matrix van vier fotodioden geprojecteerd. Als de afstand tussen leeskop en plaatoppervlak goed is, zal de astigmatische lens een cirkelvormig beeld van de spot op de vier fotodioden projecteren. Is de afstand te groot of te klein, dan zal de lens er voor zorgen dat het beeld ellipsvormig is, in de ene of in de andere richting. De vier fotodioden ontvangen dan niet alle vier evenveel licht. Uit dit verschil kan men, volgens het schema van figuur 5/6.2-5, op een eenvoudige manier een servosignaal afleiden dat het elektromagnetisch systeem stuurt dat de leeskop dichter naar of verder van het plaatoppervlak beweegt. De leeskop is voorzien van twee elektromagneten die van spanning worden voorzien door de servoversterker van het systeem. Door de spanning over deze spoelen te verhogen of te verlagen, zal de leeskop over een juk heen en weer gaan bewegen. Op deze vrij eenvoudige manier slaagt men er in de afstand tussen het oppervlak van de vinyl plaat en de leeskop constant te houden.



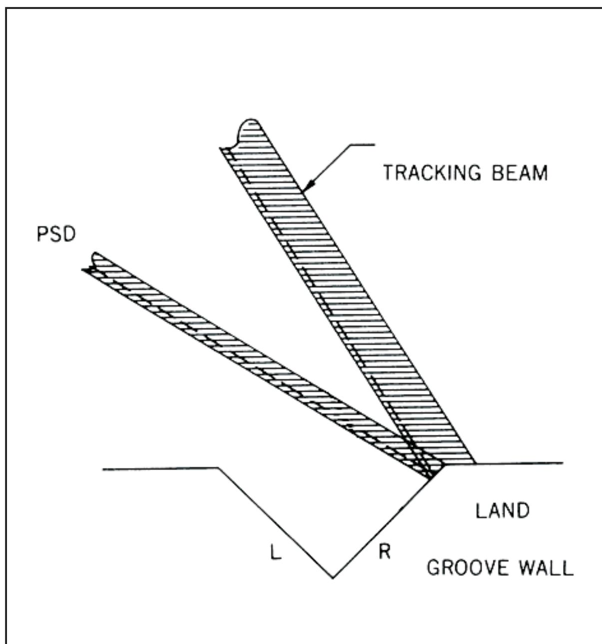
Figuur 5/6.2-5: Het elektronisch systeem dat aan de hand van de vorm van de gereflecteerde Height Beam de afstand tussen plaat en leeskop meet en corrigeert.

De Tracking Beams

De twee Tracking Beams worden gericht op de overgang tussen plaatoppervlak en groef, de zogenoemde schouder van de groef, zie figuur 5/6.2-6. Als de leeskop precies boven de groef is gepositioneerd zullen beide gereflecteerde stralen even breed zijn en even veel energie bevatten. De gereflecteerde stralen worden opgevangen door PSD's, “Position Sensitive Detectors”. Deze wekken twee elektrische spanningen op, waaruit de bestu-

6.2 De ELP laser turntable

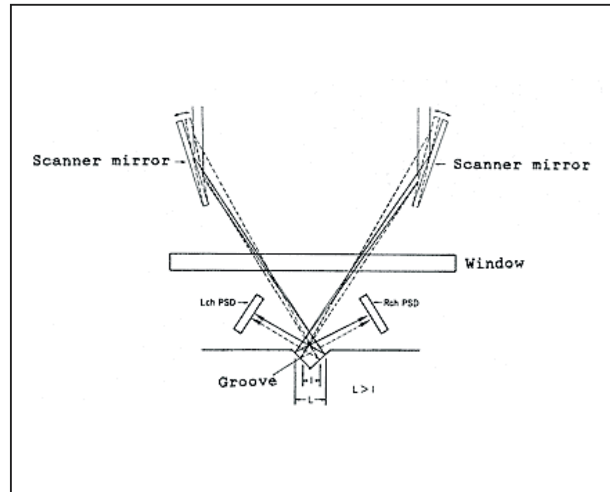
ringselektronica heel precies de plaats van de leeskop boven de groef kan afleiden. Via een servosysteem wordt de leeskop naar het midden van de groef verplaatst. Op dat moment leveren de twee PSD's even grote spanningen. In figuur 5/6.2-7 hebben wij het volledige principe van het systeem dat de groef volgt schematische geschetst. Via de twee elektronisch bestuurbare scanner mirrors, beweegbare spiegels, worden de twee Tracking Beams onder de gewenste hoek naar de plaat afgebogen.



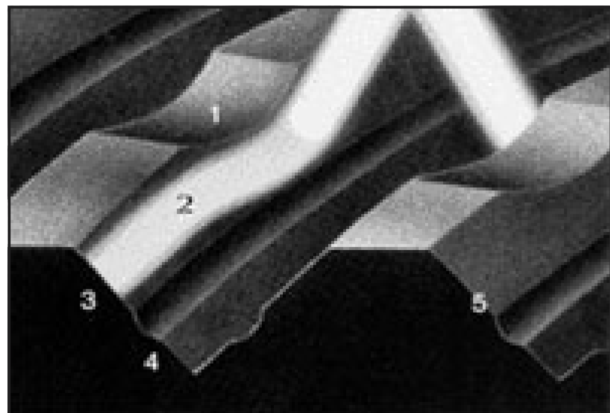
Figuur 5/6.2-6: De Tracking Beams vallen in op de overgang tussen horizontaal plaatoppervlak en het begin van de groef.

De Data Beams

De twee Data Beams worden met een uiterste nauwkeurigheid op de twee wanden van de groef gericht, nét onder de Tracking Beams. Een en ander is voorgesteld in figuur 5/6.2-8. Uit deze figuur kunnen een paar unieke eigenschappen van het systeem worden afgeleid.



Figuur 5/6.2-7: Het volledige systeem dat de twee Tracking Beams op de groefwanden richt en uit de teruggekaatste stralen heel nauwkeurig de plaats van de leeskop boven de groef afleidt.

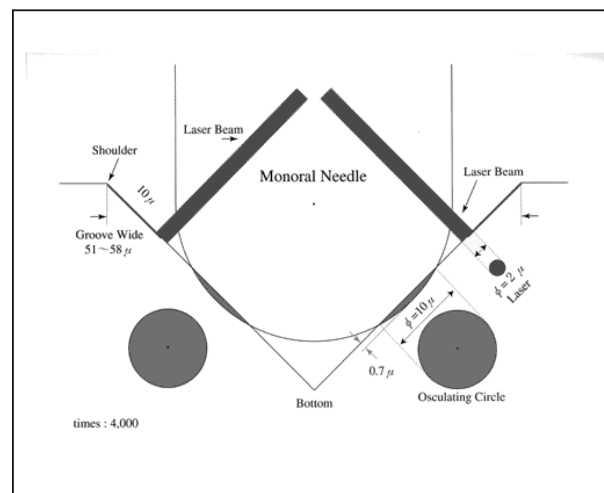


Figuur 5/6.2-8: De twee Data Beams worden op de wanden van de groef gericht en wel op een plaats waar de wanden niet beschadigd zijn door het afspelen van de plaat met een naald.

Met (4) is de plaats aangegeven waar de traditionele naald contact maakt met de groef. U ziet daar ook hoe de groef op deze plaats is uitgesleten door het contact met de naald. Het systeem wordt nu

6.2 De ELP laser turntable

zo afgeregeld dat de Data Beams nét boven deze beschadigingen op de wanden van de groef worden gericht. Het lijkt dus net alsof u de plaat voor de eerste keer afspeelt, want de laserstralen treffen alleen maagdelijk materiaal van de groefwanden, waarop de naald haar verwoestende werking nog nooit heeft botgevierd.
Grijsgedraaide platen worden dus afgetast alsof zij nieuw uit de perserij komen!
Met (1) is een krasje in de plaat aangegeven. Die kras beschadigt natuurlijk ook de groef en de Data Beams zouden op dat moment de beschadiging uitlezen en hoorbaar maken. Het systeem met de Height Beam is echter zo gevoelig dat op die plaats de Data Beams iets lager worden gepositioneerd, zodat zij de groefwanden aftasten onder de beschadigingen die de kras heeft veroorzaakt. U hoort dus niets van deze kras.
In figuur 5/6.2-9 hebben wij het aftasten van de groef met een naald vergeleken met het aftasten via het laser systeem. U ziet duidelijk hoe de zeer dunne laserstraal geen last heeft van alle mogelijke beschadigingen die de naald heeft aangericht. Alleen bij zeer vaak gedraaide platen, die zijn afgetast met een veel te hoge naalddruk, kan het gebeuren dat de naaldbeschadigingen zo intensief en uitgebreid zijn dat ook de Data Beam er last van heeft. Bij de meeste platen zal dit echter niet het geval zijn en beluistert u de plaat alsof u ze voor het eerst op uw draaitafel legt.
Wat verder opvalt is het veel kleinere aftastoppervlak. De diameter van de Data Beam is slechts 2 µm, terwijl de meeste naalden een contactoppervlak van ongeveer 10 µm hebben. Wat dit voor invloed heeft op het aftasten van de allerhoogste frequenties zal wel zonder nadere toelichting duidelijk zijn. Op dit voordeel komen wij later nog terug.

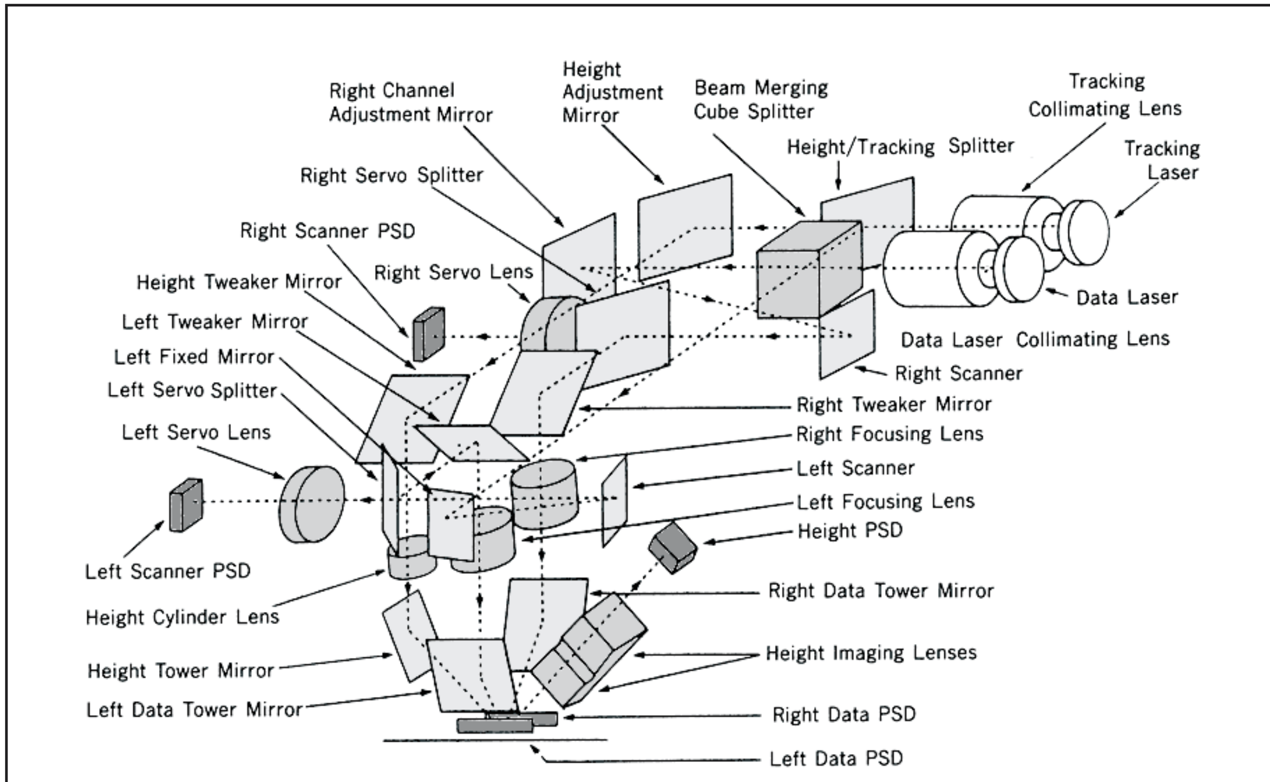


Figuur 5/6.2-9: Vergelijking van het aftasten van de wanden van de groef met een traditionele naald en met de Data Beams.

Het zal duidelijk zijn dat de twee Data Beams de modulatie in de groefwanden traagheidsloos, resonantieloos en met een heel grote nauwkeurigheid volgen. De door de groefwanden teruggekaatste stralen worden weer opgevangen in de leeskop en via PSD's omgezet in analoge audiosignalen.
Het terugwinnen van de audio-informatie gebeurt dus volledig analoog!

Het volledig optisch systeem
Voor de liefhebbers van gepuzzel hebben wij in figuur 5/6.2-10 het schema getekend van het volledig optisch systeem in de optische leeskop van de ELP laser turntable. Rechtsboven ziet u de schematische voorstelling van de twee lasers. Door middel van beam splitters en half doorlatende spiegels worden hieruit de vijf noodzakelijke laserstalen afgeleid. In figuur 5/6.2-11 ziet u hoe de ontwerpers er in zijn geslaagd dit gecompliceerde

6.2 De ELP laser turntable

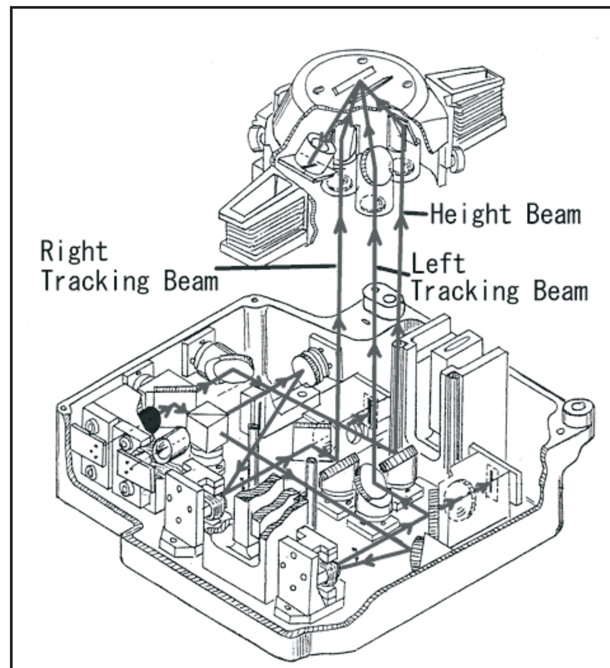


Figuur 5/6.2-10: Het volledig optisch systeem in de leeskop van de ELP laser turntable.

systeem om te zetten tot een praktisch bruikbare leeskop. Het gewicht van de leeskop bedraagt 1,5 kg, de afmetingen zijn ongeveer 127 mm in het vierkant.
Voor de échte doorzetters onder onze lezers hebben wij in de figuren 5/6.2-12 en -13 de doorlooppaden geschetst van de vijf laserstralen door het systeem van de leeskop. In beide tekeningen zijn de twee lasers linksonder getekend als zwarte vlakjes.

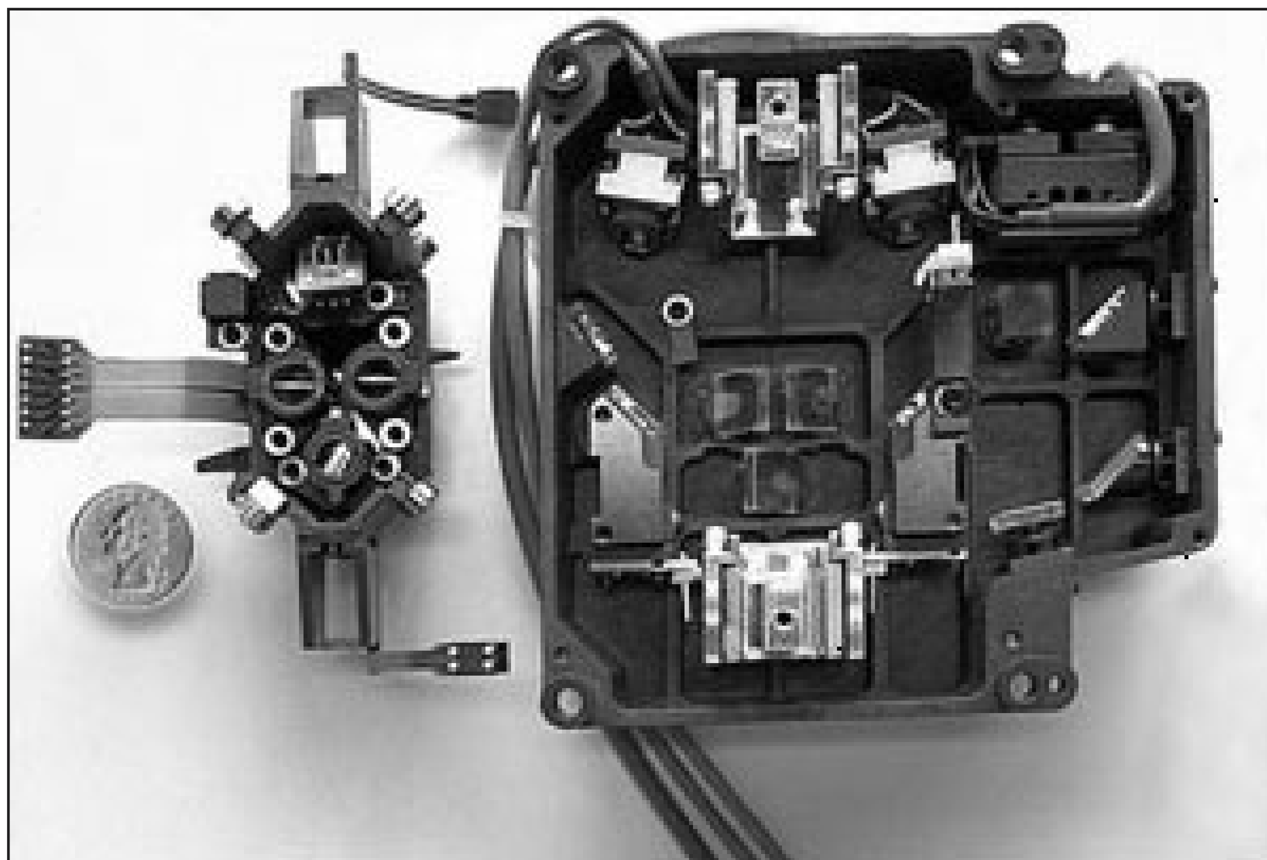
Het apparaat

In figuur 5/6.2-14 ziet u het chassis van gespoten aluminium dat onderdak biedt aan alle componenten van het systeem. Dit chassis weegt niet minder dan 7,0 kg. U ziet dat de vinyl plaat wordt aangedreven door middel van een snaaroverbrenging, wat de kans op rumble minimaliseert.

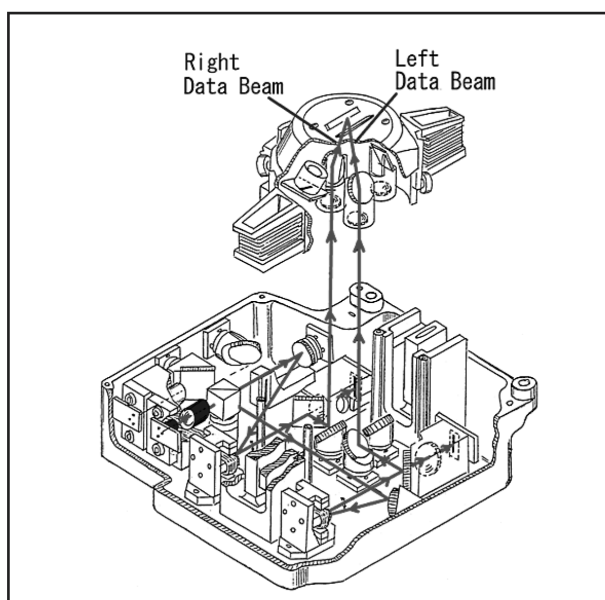


Figuur 5/6.2-12: Het doorlooppad van de Height en Tracking Beams door de leeskop.

6.2 De ELP laser turntable



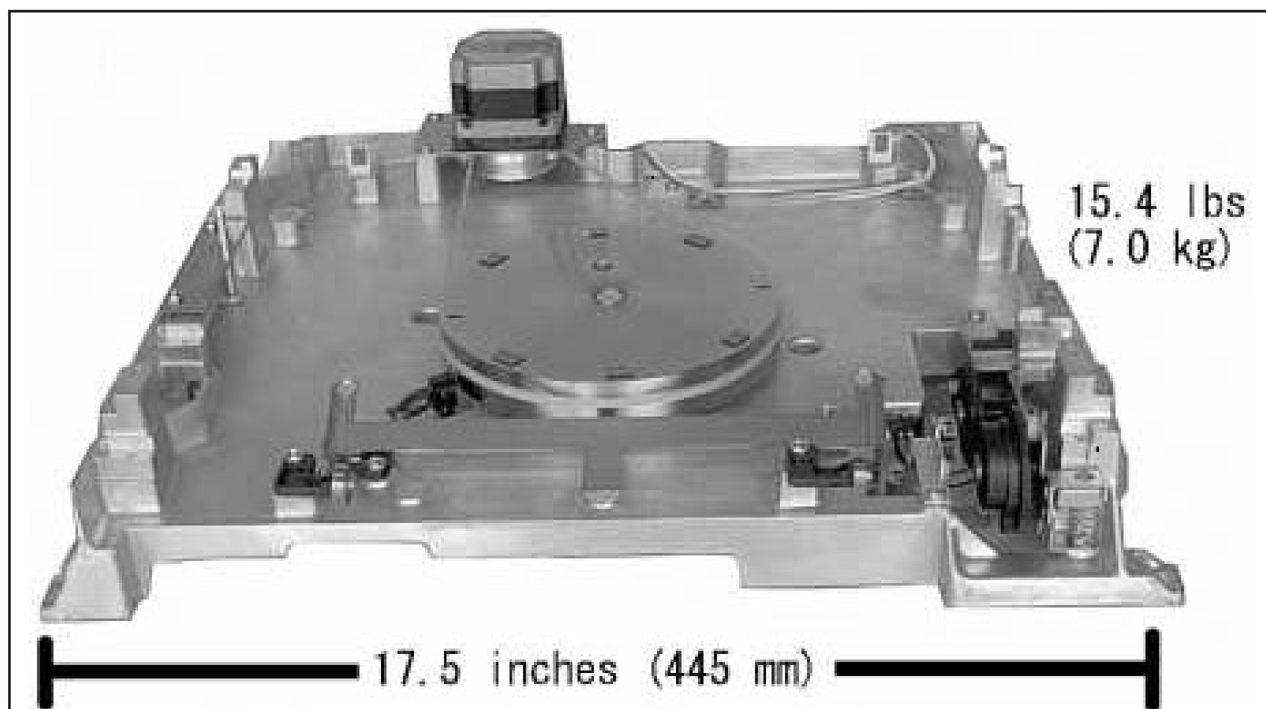
Figuur 5/6.2-11: De vertaling van het schema van figuur 5/6.2-10 naar de praktijk.



Figuur 5/6.2-13: Het doorlooppad van de twee Data Beams door de leeskop.

Figuur 5/6.2-15 geeft een impressie van de in het apparaat aanwezige elektronica.
Verbazingwekkend is dat de elektronica LSI ontbeert en volledig is samengesteld uit discrete onderdelen die u tegenwoordig alleen in hobby-schakelingen aantreft.
Tóch is dat niet zo vreemd als u bedenkt dat dit apparaat alleen op bestelling en volledig handmatig in elkaar wordt gezet. Voor dergelijke kleine oplages is het ontwikkelen van Large Scale Integration uiteraard onbetaalbaar.

6.2 De ELP laser turntable



Figuur 5/6.2-14: Het 7,0 kg zware chassis dat de basis vormt van de ELP laser turntable.



Figuur 5/6.2-15: Een kijkje op de voornamelijk discrete elektronica van de ELP laser turntable.

Voordelen

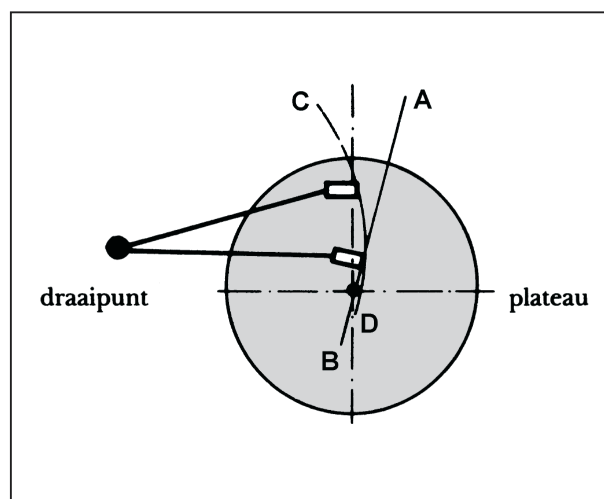
Inleiding

Er hangt een fors prijskaartje aan de ELP laser turntable en het ligt nogal voor de hand dat u zich afvraagt of de eventuele voordelen van het principe zo'n prijs rechtvaardigen. Welnu, het optisch uitlezen van een vinyl plaat heeft zoveel voordelen dat deze vraag alleen bevestigend kan worden beantwoord.

Radiale aftasting

Wij hebben dit principe al toegelicht aan de hand van figuur 5/6.2-3. In figuur 5/6.2-16 hebben wij dit principe wat nauwkeuriger weergegeven. Bij het snijden van de "oer"-plaat wordt de snijbeitel radiaal over de plaat bewogen volgens het lijnstuk AB. De hoek tussen de lengte-as van de beitel en de straal van de plaat is constant en gelijk aan 90°. Deze radiale beweging moet bij het weergeven van platen zo goed mogelijk benaderd worden. Met de gebruikelijke armsystemen is dat niet mogelijk. Bij de draaibare arm beschrijft de naald een boog CD over de plaat. Opgave is de straal van deze boog zo groot mogelijk te maken. U zou natuurlijk de arm erg lang kunnen maken, maar dit heeft natuurlijk enige constructieve maar ook praktische begrenzingen. Men geeft de arm een bepaalde specifieke vorm, die van fabrikaat tot fabrikaat verschilt maar er in feite steeds op neer komt dat het uiteinde van de arm een hoek naar de as van de draaitafel maakt. Bovendien is de arm iets langer dan de afstand tussen middelpunt van de draaitafel en draaipunt van de arm. Door nu dit draaipunt op een specifieke plaats langs de draaitafel op te stellen zal de naald nog wel een boogvorm over de plaat beschrijven, maar op twee punten precies dezelfde positie ten opzichte van het middelpunt van de plaat hebben als de snijbeitel. Op deze punten is de spoorhoek fout gelijk aan nul en is de richting van de aftasting ideaal.

Het zal duidelijk zijn dat u bij de ELP laser turntable van deze vervorming geen last heeft. De optische leeskop volgt het spoor AB van de snijbeitel en u heeft absoluut geen last van spoorhoek fouten.

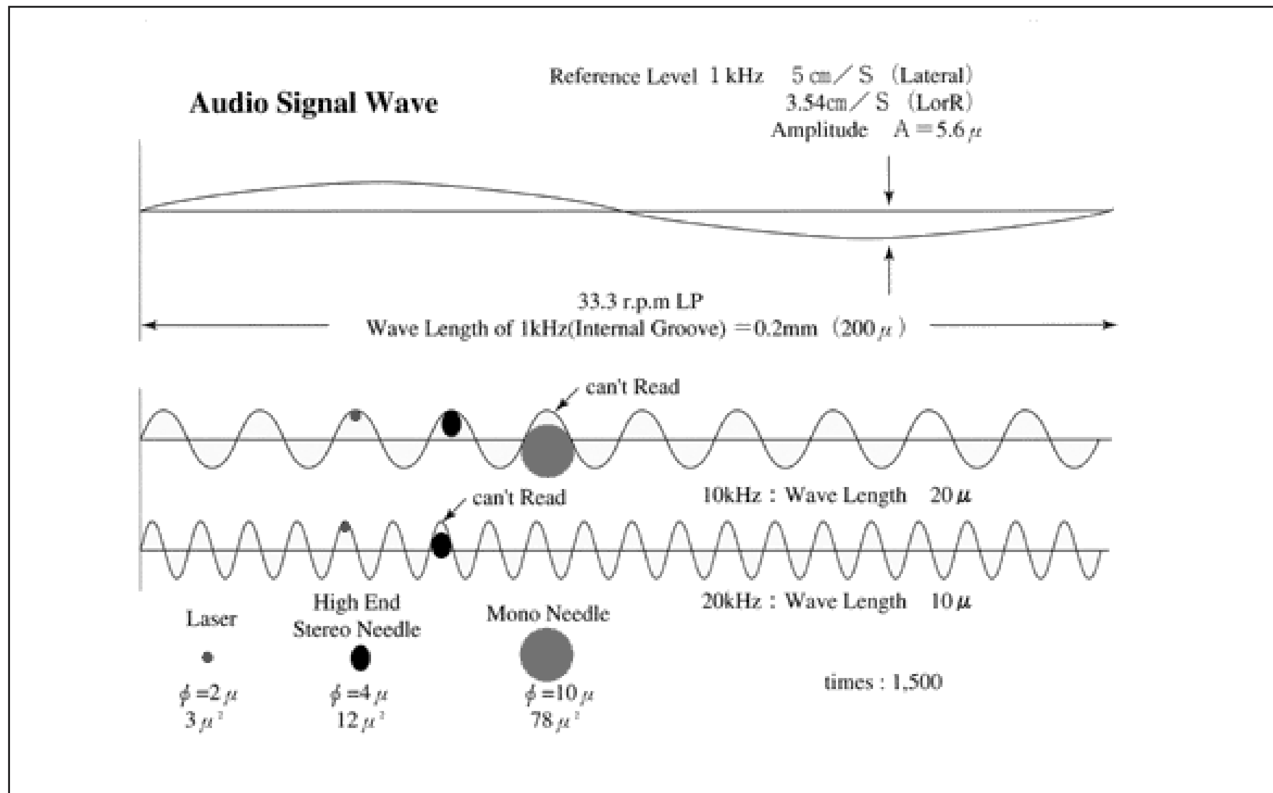


Figuur 5/6.2-16: Het ontstaan van spoorhoek fouten bij de traditionele arm.

Aftastfouten

In figuur 5/6.2-17 hebben wij een signaal van 10 kHz en een van 20 kHz weergegeven zoals het wordt gemoduleerd in de wand van de plaatgroef. U ziet dat een dikke mono-naald niet in staat is de modulatie van het 10 kHz signaal te volgen. De punt van de naald is te dik. De dunnere stereo-naald kan het signaal van 10 kHz wel helemaal aftasten, maar laat het afweten bij een signaal van 20 kHz. De zeer dunne laserstraal van de laser turntable heeft van dit soort fouten helemaal geen last. De spot is zo klein dat het 20 kHz signaal tot in het kleinste detail wordt gevolgd.

6.2 De ELP laser turntable



Figuur 5/6.2-17: De dunne laserspot (diameter 2 μm) volgt de modulatie van een 20 kHz sinus tot in de kleinste details.

Overspraak en intermodulatie vervorming

Bij de traditionele aftastsystemen moet één naald zowel het linker als rechter signaal uit de groef lezen. Dit gaat gepaard met overspraak en intermodulatie vervorming, zelfs bij de duurste aftastsystemen. De ELP laser turntable heeft van deze verschijnselen absoluut geen last. De twee signalen, gemoduleerd in de linker en rechter groefwand, worden afgetast door twee volledig van elkaar onafhankelijke laserstralen die elkaar niet kunnen beïnvloeden.

Skating vervorming

Door de specifieke vorm van de arm van een traditionele draaitafel en zijn stand ten opzichte van de draaitafel zal er op de naald een naar binnen gerichte kracht worden uitgeoefend. De naald heeft dus de neiging het ophangingssysteem naar het middelpunt van de plaat te trekken. Dit verschijnsel noemt men de skating en zonder compensatie zou niet alleen de ene groefwand veel sneller slijten dan de andere maar zou de naaldkracht erg zwaar afgesteld moeten worden om de punt van de naald in de groef te houden. Goede armen zijn daarom voorzien van een anti-skating systeem. Door op de arm een kracht in tegengestelde richting uit te oefenen wordt de skating tegengewerkt. In de meeste gevallen bestaat deze compensatie uit een klein gewichtje dat via een katrolletje en touwtje aan een punt achter het draaipunt van de arm is bevestigd. Hoe goed deze constructies ook bedacht zijn, het is absoluut onmogelijk de skating volledig

en over het volledige afspeelbereik te compenseren.
Ook nu is het duidelijk dat de laser turntable geen last heeft van dit verschijnsel.

Geen kleuring
Iedere naald en ieder element voegen een specifieke "kleur" toe aan het geluid. Dat is een gevolg van allerlei mechanische en elektrische resonanties in het aftastsysteem die niet uit te schakelen zijn. De laser turntable heeft geen last van resonanties en geeft het geluid dus weer zoals het door de snijbeitel op de moederplaat werd opgenomen.

Geen acoustische feedback
Acoustische feedback is een berucht probleem bij het afspelen van vinyl platen. Dat verschijnsel ontstaat doordat de trillingen van uw geluidsweergevers via vloer, muren en kasten uw draaitafel bereiken en de naald aan het trillen brengen. Deze trillingen worden uiteraard in een elektrisch signaal omgezet en zorgen voor een extra ongewenste kleuring van het geluid. De optische leeskop in de laser turntable is volledig ongevoelig voor dit soort acoustische terugkoppelingen. Zelfs als u, tijdens het afspelen van een plaat, met de vuist op de kast slaat waarop de afspeler staat, zult u hiervan niets horen.

Afspelen van gebroken platen
Volgens de fabrikant is het zelfs mogelijk gebroken platen weer te geven! U moet dan de stukken van de plaat zo goed mogelijk in elkaar passend op de draaitafel leggen, ***zonder gebruik te maken van lijm of plakband***. In sommige gevallen zal de ELP laser turntable in staat zijn de muziek geheel of gedeeltelijk weer te geven. Een unieke oplossing voor het conserveren van de informatie op unieke eenmalig gesneden platen!

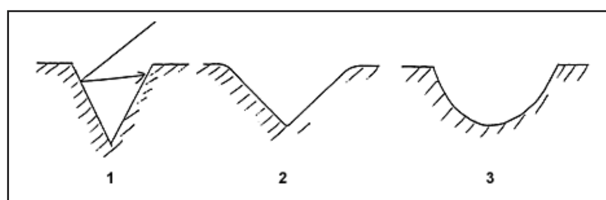
Volledig analoge weergave
Hoewel de systemen rond de drie laserstralen die de leeskop in positie houden digitaal werken, geldt dit niet voor de elektronica die de Data Beams uitleest. Die twee stralen worden uiteraard analoog gemoduleerd door het signaal in de wanden van de groef en die analoge lichtmodulatie wordt ook weer volledig analoog omgezet in twee analoge signalen. Er is dus geen sprake van digitale manipulatie van het geluid, iets waar de ware vinyl liefhebber zoals bekend een gruwelijke hekel aan heeft.

Nadelen

Inleiding
Heeft het door middel van de ELP laser turntable aftasten van een vinyl plaat dan alleen maar voordelen? Nee, zo rooskleurig is de realiteit niet. Het systeem heeft ook een paar nadelen, waarvan één wel heel zwaarwegend is.

Niet geschikt voor alle platen
De goede werking van het systeem valt of staat met de mate waarin het oppervlak van de plaat de vijf laserstralen terugkaatst naar de vijf detectoren in de leeskop. De meeste vinyl platen zijn zwart en met dit soort platen heeft het systeem geen enkel probleem. Anders wordt het met gekleurde platen, transparante platen en platen met opgedrukte foto's. In de meeste gevallen zal het systeem deze platen of helemaal niet afspelen of wél met het afspelen beginnen maar binnen een paar minuten letterlijk het spoor bijster worden. De leeskop verliest het

contact met de groef en gaat doelloos heen en weer slingeren.
Ook de vorm van de groef is vrij kritisch. De overgang tussen het vlakke oppervlak van de plaat en de groef moet scherp zijn, zoals getekend in figuur 5/6.2-6. In figuur 5/6.2-18 hebben wij een aantal groeven getekend, die tot problemen aanleiding kunnen geven. Een te smalle groef (afbeelding 1), die niet voldoet aan de standaarden die ooit gesteld zijn aan het snijden van de groeven, zal ervoor zorgen dat de teruggekaatste laserstralen niet terugvallen in de leeskop en het systeem de plaat niet kan volgen en aftasten. Ook groeven, die niet V-vormig zijn gesneden (afbeelding 3) brengen het systeem in de war.



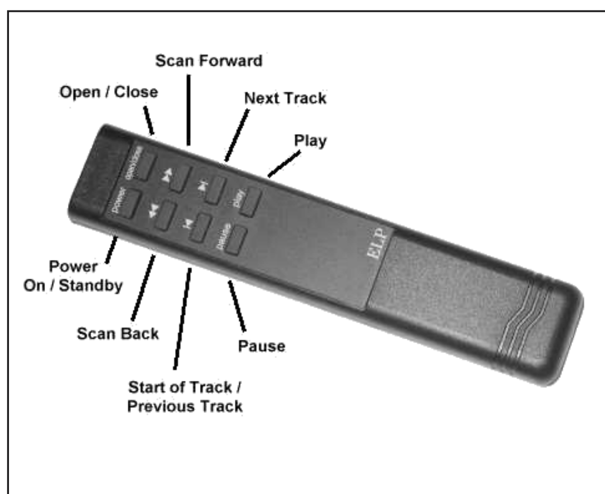
Figuur 5/6.2-18: Drie soorten groeven die het lasersysteem niet kan lezen.

Ruis, ruis en nog eens ruis....
De genoemde nadelen zijn overkomelijk. Er is echter één groot probleem en dat is dat het systeem zo gevoelig is, dat ieder stofkorreltje in de groef meedogenloos wordt weergegeven. Als u dus voor het eerst een van uw oude platen zou afspelen op de ELP laser turntable, dan zou het signaal volledig verdrinken in ruis en gespetter en volledig ongenietbaar worden.
Uiteraard is stof altijd een probleem bij het afspelen van vinyl platen. Echter, de naald van een traditioneel systeem is zo zwaar dat kleine stofdeeltjes die aan de wanden van de groef plakken worden platgedrukt of van de groefwand worden gefreesd. De zeer dunne laserspot registreert echter ieder stofdeeltje, hoe klein ook, als een spettertje.
U moet dus uw platen, voor het afspelen op de laser turntable, een grondige poetsbeurt geven!
Uiteraard is de fabrikant op de hoogte van dit probleem. Bij de ELP laser turntable wordt dan ook een dure en zeer goede platenpoetsmachine geleverd, die wij in een afzonderlijk paragraafje zullen bespreken.
Het heeft absoluut geen zin een plaat, zelfs een nieuwe, op de laserdraaitafel af te spelen zonder grondige poetsbeurt. Uw schoongemaakte platen moet u in speciale hoezen bewaren, die absoluut geen papierstof afgeven. Doet u dat niet, dan kunt u uw platen iedere keer opnieuw poetsen voor het afspelen.
Bovendien kunt u bij de fabrikant de “ELP Declicker” aanschaffen (zie later), een apparaat dat op een digitale manier spetters uit uw muziek verwijdert.

Werken met de ELP laser turntable

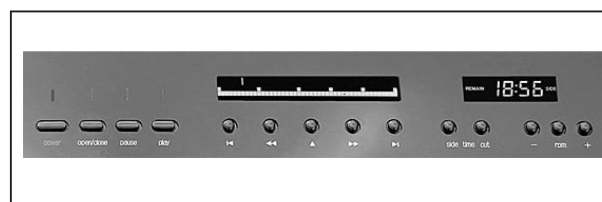
Bediening als een CD-speler
U kunt de ELP laser turntable bedienen als ware het een CD-speler. U krijgt een handige afstandsbediening, zie figuur 5/6.2-19, waarmee u de van iedere CD-speler bekende functies kunt aanroepen:
– Play;
– Next track;
– Previous track;
– Pause;
– Scan forward;
– Scan back.

Om dat te kunnen, moet het apparaat uiteraard de start van iedere track opzoeken. Dat gebeurt na het inleggen van een plaat. De laserkop onderzoekt dan het plaatoppervlak en slaat de startpunten van iedere track in een geheugen op. Dit scannen van het plaatoppervlak duurt ongeveer twintig seconden, waarna het apparaat automatisch start met het aftasten en afspelen van de eerste track. In het display op de frontplaat ziet u volgens figuur 5/6.2-20 de startpunten van alle tracks aangegeven door oplichtende pixels. De actuele plaats van de leeskop wordt door een pijltje voorgesteld. U krijgt dus een prachtige optische indicatie van de voortgang van het afspelen van uw vinyl plaat.



Figuur 5/6.2-19: U kunt met deze afstandsbediening de ELP laser turntable bedienen als ware het een CD-speler.

Extra functies
U kunt de tracks op de plaat in een geselecteerde volgorde afspelen. Met de knoppen “Seek Forward” en “Seek Back” en “Play” kunt u in de programmeermodus van het apparaat de gewenste volgorde van de tracks heel snel instellen. Met de knop “Hoover” kunt u de audio-inhoud van één winding van de spiraal maximaal twee minuten herhalen.
Door twee tot vier keer snel achter elkaar op de “Play”-knop te drukken kunt u de plaat twee tot vier keer automatisch laten afspelen.



Figuur 5/6.2-20: In het display worden de startplaatsen van alle tracks op de plaat weergegeven.

Diepte-instelling
Door middel van een instelpotentiometer kunt u de leesdiepte van de Data Beams instellen, zodat u bij het afspelen van platen met zeer zware naaldbeschadigingen de groefwanden nét boven de beschadiging kunt laten uitlezen.

Technische specificaties

De technische specificaties van de ELP laser turntable worden door de fabrikant als volgt opgeven:
- aandrijfsysteem:
  microprocessorgestuurde riemaandrijving
- soort platen:
  zwart
- diameter plaat:
  7, 8, 9, 10, 11 en 12 inch
- display:
  totale tijd, gespeelde tijd, resterende tijd, plaatdiameter, toerental
- toerental:
  instelbaar tussen 30 en 90 toeren per minuut in stappen van 0,2 t/m

- frequentieweergave:
  20 Hz tot 25 kHz
- kanaalscheiding:
  >25 dB (DIN 45.543 testplaat)
- uitgangsspanning:
  4,3 $mV_{effectief}$ (5 cm/s, 1 kHz lateraal)
  9,7 $mV_{effectief}$ (8 cm/s, 1 kHz 45° modulatie)
- totale harmonische vervorming:
  <0,5 % (DIN 45.543 referentieniveau)
- signaal/ruis-verhouding:
  >55 dB (gewogen)
- wow en flutter:
  <0,07 %
- voedingsspanning:
  100/120/220/240 V - 50/60 Hz
- vermogensverbruik:
  80 W max.
- afmetingen:
  470 x 480 x 170 mm^3
- gewicht:
  19 kg

De plaatwasmachine

Inleiding
Zoals reeds gesteld bij het bespreken van de nadelen van de ELP laser turntable, moet u vinyl platen eerst grondig schoonmaken, anders is het geluid niet te genieten. ELP levert daarom standaard een zogenoemde "vacuum record cleaner" en wel de VPI HW-16.5. Dit indrukwekkende apparaat is voorgesteld in figuur 5/6.2-21.

Werking
Het apparaat wordt geleverd met een flacon speciale reinigingsvloeistof en een borstel waarmee u deze vloeistof tot diep in de groeven van uw platen kunt laten doordringen. U legt de plaat op de draaitafel, druppelt de vloeistof op de plaat en reinigt deze met het borsteltje. Nadien zet u de "arm" van de stofzuiger op het begin van de plaat en schakelt het apparaat in.



Figuur 5/6.2-21: De HW-16.5 vacuüm platenreiniger van VPI.

De draaitafel gaat draaien met een snelheid van 18 toeren per minuut, de ingebouwde luchtpomp zuigt de reinigingsvloeistof van de plaat naar een in het apparaat aanwezig containertje. Door de forse luchtstroom wordt de plaat drooggeblazen. Na ongeveer 35 seconde heeft de zuigbuis de volledige plaat afgewerkt en kunt u de plaat omdraaien.

Antistatische hoezen
De plaatwasmachine wordt geleverd met 100 stuks antistatische binnenhoezen waarin u uw schoongemaakte vinyl platen veilig en stofvrij kunt bewaren.

ELP Declicker

Inleiding
Voor gevallen, waar het reinigen van de plaat niet helpt tegen spetters, kunt u als extra de "ELP Declicker" aanschaffen.

6.2 De ELP laser turntable



Figuur 5/6.2-22: De eveneens door ELP op de markt gebrachte “Declicker” zorgt voor een digitale onderdrukking van plaatgespetter.

Dit apparaatje, voorgesteld in figuur 5/6.2-22, is een digitale audioprocessor die snelle spanningssprongen uit uw audiosignaal verwijdert. Het principe is bekend van goede audiobewerkingssoftware. De ontwerpers van dit soort systemen gaan er van uit dat de aanwezigheid van spetters in analoge audio te herkennen is aan drie eigenschappen:

– een zeer snelle toename van het volume;
– een bepaalde tijdsduur;
– een specifieke frequentiesamenstelling.

Het zal duidelijk zijn dat deze drie eigenschappen van een “spetter” niet analoog op te sporen zijn. ELP was dus wel verplicht over te schakelen naar digitale signaalverwerking, waar door middel van Fast Fourier Analyse de aan een spetter toegekende eigenschappen softwarematig opgespoord kunnen worden.

Werking

De werking van het apparaat is uiterst eenvoudig. U schakelt het tussen de uitgang van uw voorversterker en de ingang van uw eindversterker. Er is maar één draaischakelaar, waarmee u de mate van onderdrukking kunt instellen. Als u de knop uittrekt, dan wordt de digitale elektronica uit het signaalpad gehaald er werkt de Declicker als gewone bufferversterker die niets aan het signaal verandert.

Werkt de declicker wél, dan worden de twee analoge ingangssignalen aan twee analoog naar digitaal omzetters aangeboden en omgezet in 24 bit brede monsters. De samplingfrequentie bedraagt 88,2 kHz.

De omzetting werkt volledig lineair, dat wil zeggen volgens het PCM-principe. De monsters worden in een geheugen opgeslagen, waarna de ingebouwde processor er diverse signaalanalyse algoritmen op loslaat. Een van de belangrijkste daarbij is natuurlijk de Fast Fourier Analyse, waarmee het mogelijk is de frequentiesamenstelling van het signaal zeer gedetailleerd te onderzoeken. Op deze manier is de software in staat te beslissen wanneer er een “plaatspetter” in het signaal aanwezig is. De samples die de spetter bevatten worden vervangen door de gemiddelde waarden van de samples

6.2 De ELP laser turntable

vóór en ná het incident. Op deze manier worden de plaatspetters zo goed mogelijk verwijderd, terwijl de continuïteit van de audio nauwelijks wordt aangetast. Na deze digitale signaalbewerkingen worden de monsters door middel van een digitaal naar analoog omzetter weer in twee analoge signalen omgezet.

Specificaties
De ELP Declicker heeft de onderstaande specificaties:
- analoge ingangsspanning:
  4 $V_{top-tot-top}$ maximaal
- ingangsimpedantie:
  47 kΩ typisch
- analoge uitgangsspanning
  4 $V_{top-tot-top}$ maximaal
- uitgangsimpedantie:
  100 Ω typisch
- AD en DA omzetters
  lineaire PCM met 24 bit
- sample rate:
  88,2 kHz
- digitale versterking
  0 dB typisch
- dynamisch bereik:
  >100 dB (gewogen)
- bandbreedte
  20 Hz tot 20 kHz (-1 dB)
- digitale uitgang:
  1 x coax
  1 x TosLink
- protocol:
  IEC60958 (SPDIF)

Meer informatie

De ELP laser turntable, de ELP Declicker en de VPI HW-16.5 worden op de markt gebracht door:
ELP Corporation
3-10-1 Minami Urawa
Saitama 336-0017
Japan
Telefoon: +81-48-883-8502
Fax: +81-48-883-8503
E-mail: de-clicker@elpj.jp
Internet: www.elpj.com

Er bestaat geen Nederlandse of Belgische distributie, het Europese verkooppunt is in de UK en wel Laser Vinyl, zie www.laser-vinyl.com.

6/100

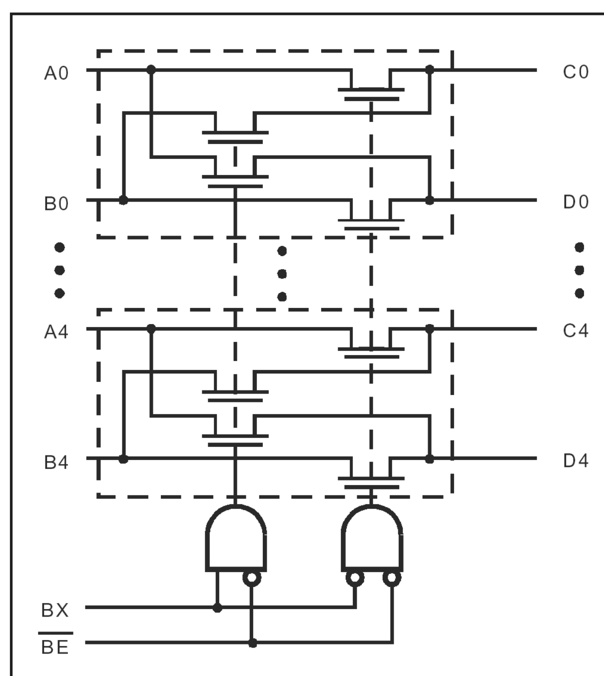
Functionele data-base van geïntegreerde schakelingen

Inhoud

6/100.23

Bus-schakelaars

De snelheden die bussen te verwerken krijgen worden steeds hoger. Op moderne PC moederborden wordt met bussnelheden van honderden MHz gewerkt. Hierdoor ontstaan grote problemen bij het schakelen van de bussen. De verschillende blokken van het systeem moeten immers op tijd met de bus verbonden worden, maar ook tijdig van de bus afgeschakeld worden als zij geen gegevens moeten ontvangen of verzenden. Zelfs vertragingen van een paar nanoseconde (ns) kunnen grote problemen veroorzaken.
Een tweede probleem is dat de onderdelen die de bussen schakelen een zo laag mogelijke inwendige weerstand moeten hebben. Deze inwendige weerstanden staan immers in de weg die de signalen volgen en vormen, samen met de onvermijdelijke paracitaire capaciteiten van het bedradingspatroon van de systeemprint, vertragende netwerkjes. Deze netwerkjes kunnen, als de inwendige weerstanden van de bus-schakelaars te hoog zijn, ook vertragingen introduceren die in het ns-bereik liggen.
Vroeger werden bussen geschakeld via bidirectionele busdrivers uit de TTL-familie, ook wel bus-transceivers genoemd. Deze schakelingen zijn echter niet meer in staat te voldoen aan de eisen die gesteld worden door de moderne



snelle buscommunicatie. Tegenwoordig staan voor het schakelen van en naar bussen speciale, uiterst snelle zogenoemde QuickSwitch bus-schakelaars ter beschikking. Deze bus-schakelaars bieden de volgende voordelen en mogelijkheden:

- zij veroorzaken géén vertraging;
- zij zijn altijd volkomen bidirectioneel;
- conversie van +5 V logica naar +3 V logica is eenvoudig mogelijk;
- er kunnen grote, snelle dual-port RAM's mee worden gemaakt;
- ook "hot-plug" mogelijk.

100.23 Bus-schakelaars

Als voorbeeld wordt het intern blokschema van de QS3383 CMOS bus-schakelaars van QualitySemiconductor getekend. Als dit IC enabled is, worden twee buslijnen direct met elkaar verbonden via een weerstand van nog geen 5 Ω. De schakeling gedraagt zich dan als een 5 ns meerpolig relais voor TTL- signalen met een ON-weerstand van slechts 5 Ω.

Aangezien deze schakelaars de bussignalen direct verbinden, introduceren zij geen extra vertraging of timingskew, terwijl zij ook inherent bidirectioneel zijn en geen extra vermogen dissiperen. Deze bus-schakelaars zijn zodoende ook zeer geschikt om traditionele TTL-buffers en -transceivers te vervangen.

QS3R245	8 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 2,5Ω
QS3245	8 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 5Ω
QS3306A	2 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 3Ω, met aparte enables
QS3384	10 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 5Ω
QS3R384	10 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 2,5Ω
QS3LR384	10 bit N-kanaals Low-Power CMOS bus-switch, 2,5Ω
QS3L384	10 bit N-kanaals Low-Power CMOS bus-switch, 5Ω
QS3R800	10 bit N-kanaals CMOS bus-switch met voorspanning op de uitgangen, 2,5 Ω
QS3800	10 bit N-kanaals CMOS bus-switch met voorspanning op de uitgangen, 5 Ω
QS3801	10 bit bidirectionele CMOS bus-switch met pull-up termination, 5 Ω
QS3R861	10 bit N-kanaals CMOS bus-switch met flow-through pinout, 2,5 Ω
QS3861	10 bit N-kanaals CMOS bus-switch met flow-through pinout, 5 Ω
QS3R862	10 bit N-kanaals CMOS bus-switch met aktief hoge en lage enables, 2,5 Ω
QS3862	10 bit N-kanaals CMOS bus-switch met aktief hoge en lage enables, 5 Ω
QS32245	8 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 25Ω
QS32XR245	16 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 2,5Ω

100.23 Bus-schakelaars

QS32X245	16 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 5Ω
QS32XR384	20 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 2,5Ω
QS32XL384	20 bit N-kanaals Low-Power CMOS bus-switch, 5Ω
QS32X384	20 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 5Ω
QS3L2384	10 bit N-kanaals Low-Power CMOS bus-switch, 25Ω
QS32384	10 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 25Ω
QS32XR861	20 bit N-kanaals CMOS bus-switch met flow-through pinout, 2,5 Ω
QS32X861	20 bit N-kanaals CMOS bus-switch met flow-through pinout, 5 Ω
QS32861	10 bit N-kanaals CMOS bus-switch met flow-through pinout, 25 Ω
QS32XR862	20 bit N-kanaals CMOS bus-switch met aktief hoge en lage enables, 2,5 Ω
QS32X862	20 bit N-kanaals CMOS bus-switch met aktief hoge en lage enables, 5 Ω
QS32862	10 bit N-kanaals CMOS bus-switch met aktief hoge en lage enables, 25 Ω
QS34XR245	32 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 2,5Ω
QS34X245	32 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 5Ω
QS34XR800	32 bit N-kanaals CMOS bus-switch met voorspanning op de uitgangen, 2,5 Ω
QS35861	10 bit N-kanaals CMOS bus-switch met 50Ω serieweerstand
QS316211	24 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 5Ω
QS316245	16 bit N-kanaals CMOS Widebus Compatibele bus-switch, 5 Ω
QS32X2245	16 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 25Ω
QS32XL2384	20 bit N-kanaals Low-Power CMOS bus-switch, 25Ω
QS32X2384	20 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 25Ω

100.23 Bus-schakelaars

QS32X2861 20 bit N-kanaals CMOS bus-switch met flow-through pinout, 25 Ω

QS32X2862 20 bit N-kanaals CMOS bus-switch met aktief hoge en lage enables, 25 Ω

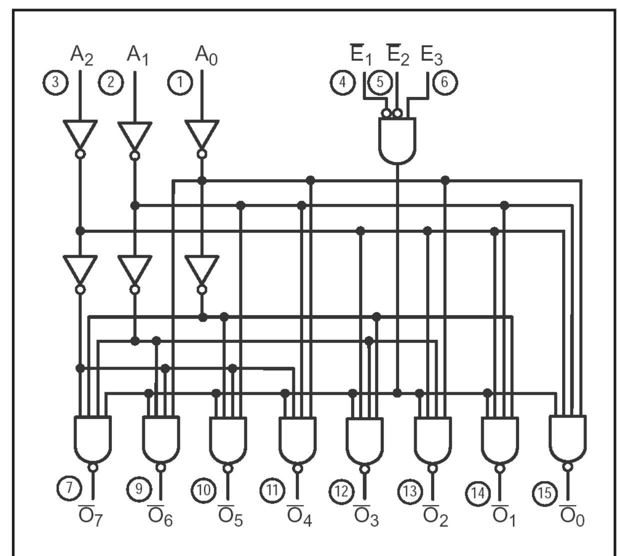
QS34X2245 32 bit N-kanaals CMOS bus-switch, 25Ω

QS3162211 24 bit N-kanaals CMOS bus-switch met “flow-thru” aansluitingen, 25 Ω

6/100.32

Demultiplexers (digitaal)

Met digitale demultiplexers kunt u, zeer algemeen gesteld, een bepaalde binaire code op een aantal ingangen omzetten in een binaire code op een aantal uitgangen.
Als voorbeeld is het intern blokschema weergegeven van de 74138, een 3 naar 8 decoder. De binaire code op de ingangen bepaalt welke uitgangen "L" en "H" worden. Uit de waarheidstabel van de demultiplexer kunt u de werking van de schakeling afleiden.
Naast deze algemene demultiplexers bestaan er ook meer specifieke, zoals priority encoders en demultiplexers die niet binair worden gestuurd, maar volgens een specifieke code, zoals de gray-code.



INPUTS						OUTPUTS							
$\overline{E}_1$	$\overline{E}_2$	E_3	A_0	A_1	A_2	$\overline{O}_0$	$\overline{O}_1$	$\overline{O}_2$	$\overline{O}_3$	$\overline{O}_4$	$\overline{O}_5$	$\overline{O}_6$	$\overline{O}_7$
H	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	L	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

100.32 Demultiplexers (digitaal)

4514	4-naar-16 decoder/4 bit latch, actief hoog, CMOS
4515	4-naar-16 decoder/4 bit latch, actief laag, CMOS
4532	8-naar-3 priority encoder, CMOS
4555	2 x binair naar 1-uit-4 decoder/demultiplexer, actief hoog, CMOS
4556	2 x binair naar 1-uit-4 decoder/demultiplexer, actief laag, CMOS
10161	1-uit-8 demultiplexer/decoder, actief laag, ECL
10162	1-uit-8 demultiplexer/decoder, actief hoog, ECL
10165	8-naar-3 priority encoder, ECL
10171	2 x 1-uit-8 demultiplexer/decoder, actief laag, ECL
10172	2 x 1-uit-8 demultiplexer/decoder, actief hoog, ECL
14514	4-naar-16 decoder/4 bit latch, actief hoog, CMOS
14515	4-naar-16 decoder/4 bit latch, actief laag, CMOS
14532	8-naar-3 priority encoder, CMOS
14555	2 x binair naar 1-uit-4 decoder/demultiplexer, actief hoog, CMOS
14556	2 x binair naar 1-uit-4 decoder/demultiplexer, actief laag, CMOS
40147	10-naar-4 BCD priorirty encoder, CMOS
74131	3-naar-8 decoder, edge-triggered adres-register, TTL
74137	3-naar-8 decoder, TTL
74138	3-naar-8 decoder, TTL
74139	2-naar-4 decoder, TTL
74147	10-naar-4 priority encoder, TTL
74148	8-naar-3 priority encoder, TTL
74154	4-naar-16 decoder, TTL
74155	decoder/demultiplexer met totem-pole uitgangen, 2 x 2-naar-4, 2 x 1-naar-4, 3-naar-8 of 1-naar-8, TTL
74156	decoder/demultiplexer met open-collector uitgangen, 2 x 2-naar-4, 2 x 1-naar-4, 3-naar-8 of 1-naar-8, TTL

100.32 Demultiplexers (digitaal)

74159	4-naar-16 decoder met open-collector uitgangen, TTL
74237	3-naar-8 decoder/demultiplexer met adres latches, TTL
74238	3-naar-8 decoder/demultiplexer, TTL
74239	2 x 2-naar-4 encoder/demultiplexer, TTL
74348	8-naar-3 priority encoder met 3-state uitgangen, TTL
74538	3-naar-8 decoder/demultiplexer met 3-state uitgangen, TTL
74539	2 x 2-naar-4 decoder/demultiplexer met 3-state uitgangen, TTL
140147	10-naar-4 BCD priorirty encoder, CMOS
744051	8 kanaals analoge multiplexer/demultiplexer, TTL
744052	2 x 4 kanaals analoge multiplexer/demultiplexer, TTL
744053	3 x 2 kanaals analoge multiplexer/demultiplexer, TTL
744514	4-naar-16 lijnen decoder/demultiplexer, actief hoog, TTL
744515	4-naar-16 lijnen decoder/demultiplexer, actief laag, TTL

100.32 Demultiplexers (digitaal)

6/100.45

EXOR/EXNOR-poorten

De exclusieve OR-poort wordt afgekort tot EXOR of zelfs tot XOR. De eigenschap van zo'n poort is dat de uitgang slechts dán "H" is als de logische waarden op de ingangen niet gelijk zijn. Een EXOR-poort kan in principe vrij gemakkelijk worden samengesteld uit de basisschakelingen AND en NOT. Gelukkig heeft u een uitgebreide keuze aan kant-en-klare EXOR's in de diverse technologieën.
De exclusieve NOR-poort, afgekort tot EXNOR, heeft een hoge uitgang als de logische niveaus op alle ingangen aan elkaar gelijk zijn.
Diverse IC's worden als EXOR/EXNOR op de markt gebracht, waarbij u door middel van het signaal op één pen van de ene naar de andere logische functie kunt overschakelen.

A	B	EXOR	EXNOR
L	L	L	H
H	L	H	L
L	H	H	L
H	H	L	H

4030	4 x 2 in EXOR, CMOS
4070	4 x 2 in EXOR, CMOS
4077	4 x 2 in EXNOR, CMOS
4507	4 x 2 in EXOR, CMOS
4519	4 x 2 in EXNOR, 4 x 2 naar 1 multiplexer, CMOS
7486	4 EXOR-poorten met twee ingangen, TTL
10107	3 x 2 in EXNOR, grote fan-out, ECL
10113	4 x 2 in EXOR, met enable, ECL

100.45 EXOR/EXNOR-poorten

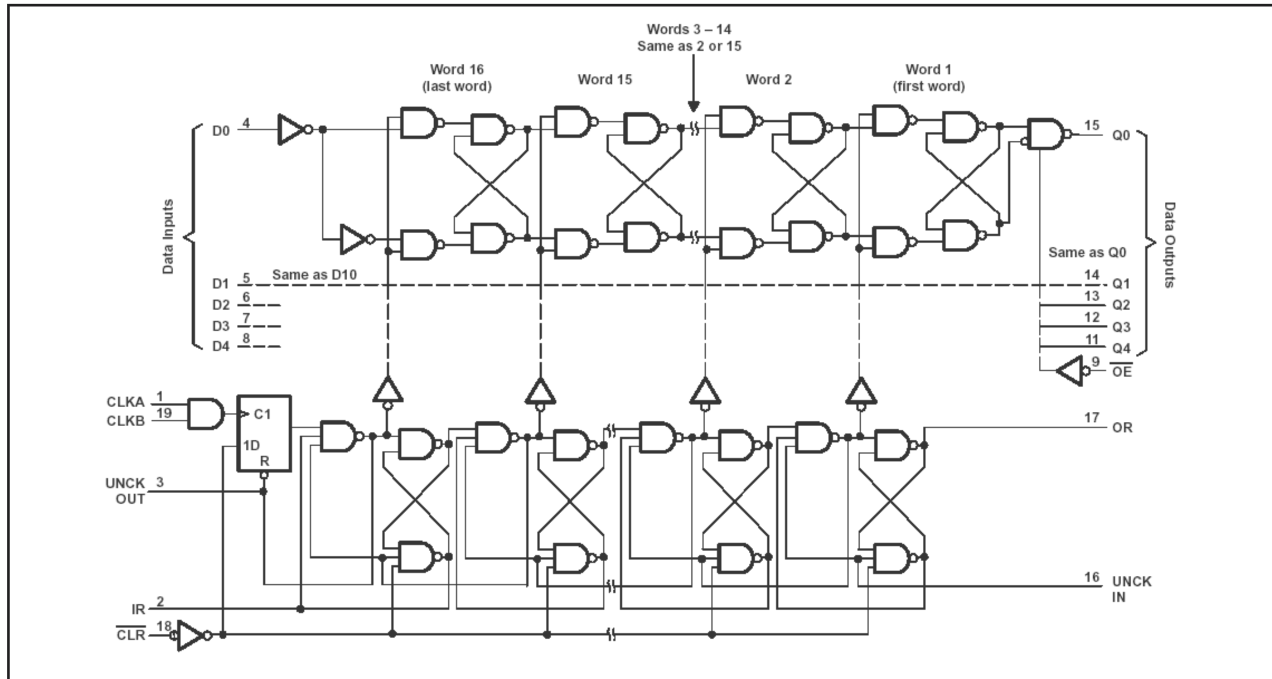
14030	4 x 2 in EXOR, CMOS
14070	4 x 2 in EXOR, CMOS
14077	4 x 2 in EXNOR, CMOS
14507	4 x 2 in EXOR, CMOS
14519	4 x 2 in EXNOR, 4 x 2 naar 1 multiplexer, CMOS
74135	4 EXNOR-poorten met twee ingangen, omschakeling EXNOR, TTL
74136	4 EXOR-poort, TTL
74266	4 EXNOR-poorten met twee ingangen, open collector uitgang, TTL
74316	4 EXOR-poorten met twee ingangen, open collector uitgangen, TTL
74386	4 EXOR-poorten met twee ingangen, TTL
74810	4 x 2 in EXNOR, TTL
74811	4 x 2 in EXNOR, open collector uitgangen, TTL
747266	4 x 2 in EXNOR, TTL

6/100.46

FIFO-registers

Het komt vaak voor dat digitale systemen met verschillende snelheden werken. In feite is het veiliger ervan uit te gaan dat dit altijd het geval is. Microprocessoren en bijbehorende geheugens werken bijvoorbeeld veel sneller dan andere componenten, zoals het toetsenbord en de floppy disk.
Wanneer informatie van het ene subsysteem naar het andere moet worden verplaatst, wordt de snelheid daarvan beperkt door het langzaamste systeem. Het snelle systeem moet telkens even wachten totdat het langzame de data heeft overgenomen. Wanneer dat niet mogelijk of niet gewenst is, moet het snelheidsverschil worden overwonnen door een tussenliggende databuffer. Bij paralle transport moet de buffer het aantal bits per woord kunnen opnemen. Bovendien moet hij lang genoeg zijn om alle woorden die in een bepaalde periode moeten worden getransporteerd (een datablok) te kunnen bevatten. Wanneer de data die het eerst in de buffer gaat er aan de andere kant ook weer als eerste uit komt, spreekt men van een FIFO (First-In First-Out) geheugen of register. De data schuift daarbij steeds zo ver mogelijk door naar achteren. Het eerste woord komt dus helemaal achteraan, het tweede woord komt één plaats minder ver terecht, enzovoort.
De FIFO werkt asynchroon als het laden aan de ene kant geheel onafhankelijk van het lossen aan de andere kant kan gebeuren.
Het is handig als de verzendende kant weet of er nog plaats is in de FIFO. Aan de ingang is dan ook een besturingssignaal aanwezig dat dit aangeeft: “Data-In Ready” (DIR) is meestal “H” als er nog plaats is. Als de FIFO vol is, gaat dit signaal “L” en blijft “L” totdat er data van de uitgang wordt afgenomen. De laatste plaats komt dan vrij en alle overblijvende data schuift dus tegelijk één plaats naar achteren op en DIR wordt weer “H”. Hetzelfde geldt natuurlijk ook voor de ontvangende kant. Aan de uitgang van de FIFO is een besturingssignaal beschikbaar dat aangeeft of de buffer nog data bevat: “Data-Out Ready” (DOR) is meestal “H” als er nog data aanwezig is. Is de FIFO leeg dan gaat DOR “L” en blijft “L” totdat er weer data aan de uitgang aanwezig is. Het clocksignaal waarmee de data wordt ingeschreven wordt Shift-In, Clock-In of Load Clock genoemd. De data wordt uitgelezen met Shift-Out, Clock-Out of Unload Clock.
In de figuur op de volgende pagina is als illustratie van de werking van FIFO’s het inwendig blokschema weergegeven van de 74225, een 16 x 5 bit, 3-state, TTL-FIFO.

100.46 FIFO-registers



40105	16 x 4 bit, 3-state, CMOS
74222	16 x 4 bit, 3-state, OR-enable, TTL
74224	16 x 4 bit, 3-state, TTL
74225	16 x 5 bit, 3-state, TTL
74227	16 x 4 bit, open-collector, OR-enable, TTL
74228	16 x 4 bit, open-collector, TTL
74229A	16 x 5, 3-state, TTL
74232A	16 x 4 bit, 3-state, TTL
74233A	16 x 5 bit, 3-state, TTL
74234	16 x 4 bit, 3-state, TTL
74235	64 x 5 bit, 3-state, TTL
74236	64 x 4 bit, TTL
140105	16 x 4 bit, 3-state, MOS
742232	64 x 9 bit, 3-state, TTL
742233	64 x 9 bit, 3-state, TTL
747030	64 x 9 bit, 3-state, TTL
747201A	512 x 9 bit, power-down/standby, TTL

100.46 FIFO-registers

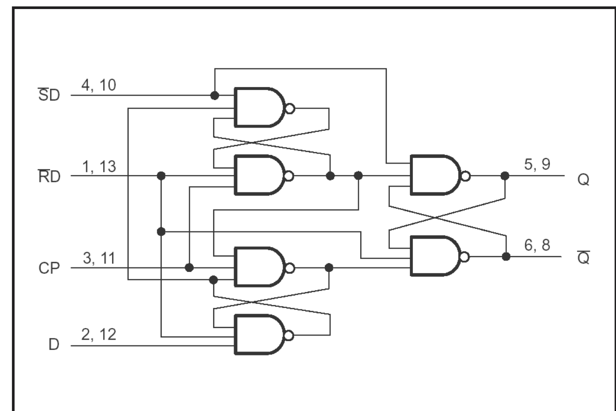
747202	1024 x 9 bit, power-down/standby, TTL
747403	64 x 4 bit, 3-state, TTL
747404	64 x 5 bit, 3-state, TTL
7440105	16 x 4 bit, 3-state, TTL

100.46 FIFO-registers

6/100.47

Flip-flop's, type D

Type D flip-flop's hebben, naast de standaard ingangen set (S) en reset (R) ook een clock (CP) en een data (D) ingang. De S en R ingangen werken, zoals gebruikelijk, asynchroon. Dat betekent dat zij absolute voorrang hebben op alle andere activiteiten aan de ingangen van de flip-flop.
Als S en R inactief zijn ("H") wordt het binaire niveau op de D-ingang naar de Q-uitgang overgebracht op de "L"-naar-"H" overgang van de clock. Op deze manier krijgt u een schakeling, waarmee u eenvoudige geheugenklussen kunt klaren, zoals het opslaan van de gegevens van alarmsensoren in een inbraakalarm.
In de figuren zijn het intern blokschema en de waarheidstabel van de 7474 dubbele type-D flip-flop voorgesteld. Moderne schakelingen bevatten tot tien type-D flip-flop's die fundamenteel volgens het geschetste principe werken.



INPUTS				OUTPUTS		OPERATING MODE
$\overline{SD}$	$\overline{RD}$	CP	D	Q	$\overline{Q}$	
L	H	X	X	H	L	Asynchronous set
H	L	X	X	L	H	Asynchronous reset
L	L	X	X	H	H	Undetermined*
H	H	↑	h	H	L	Load "1"
H	H	↑	l	L	H	Load "0"
H	H	↥	X	NC	NC	Hold

4013 2 x, set en reset, CMOS

4076 4 x, 3-state, CMOS

7474 2 x, preset en clear, TTL

10131 2 x, set en reset, ECL

10176 6 x, open emitter, ECL

10186 6 x, reset, ECL

10231 2 x, set en reset, ECL

100.47 Flip-flop's, type D

14013 2 x, set en reset, CMOS
14076 4 x, 3-state, CMOS
40174 6 x, clear, CMOS
40175 4 x, clear, complementaire uitgangen, CMOS
40374 8 x, 3-state, CMOS
74171 4 x, clear, TTL
74174 6 x, clear, TTL
74175 4 x, clear, TTL
74273 8 x, clear, TTL
74374 8 x, 3-state, TTL
74377 8 x, enable, TTL
74378 6 x, enable, TTL
74379 4 x, enable, TTL
74534 8 x, 3-state, geïnverteerd, TTL
74564 8 x, 3-state, geïnverteerd, TTL
74574 8 x, 3-state, TTL
74575 8 x, clear, 3-state, TTL
74576 8 x, 3-state, geïnverteerd, TTL
74577 8 x, 3-state, geïnverteerd, TTL
74803 4 x, gelijke vertragingen, TTL
74821 10 x, 3-state, TTL
74822 10 x, 3-state, geïnverteerd, TTL
74823 9 x, 3-state, TTL
74824 9 x, 3-state, geïnverteerd, TTL
74825 8 x, 3-state, TTL
74826 8 x, 3-state, geïnverteerd, TTL
74874 2 x 4, clear, 3-state, TTL
74876 2 x 4, preset, 3-state, geïnverteerd, TTL
74878 2 x 4, clear, 3-state, TTL

100.47 Flip-flop's, type D

74879	2 x 4, clear, 3-state, geïnverteerd, TTL
140174	6 x, clear, CMOS
140175	4 x, clear, complementaire uitgangen, CMOS
140374	8 x, 3-state, CMOS
74AC(T)11074	2 x, preset en clear, TTL
74AC(T)11374	8 x, 3-state, TTL
74AC(T)11534	8 x, 3-state, TTL

100.47 Flip-flop's, type D

7/1

Inhoud Actueel IC-handboek aanvulling 121 t.e.m. 126

Accu schakelingen

Audio, diversen

Audio, eindversterkers

Audio, voorversterkers

Beveiliging

Datacommunicatie

Diversen

Digitale schakelingen

Domotica

Inbraakbeveiliging

Hoogfrequent schakelingen

Motorbesturing

Optische schakelingen, indicatoren

Optische schakelingen, zenders/ontvangers

Oscillatoren

Schakelaars

Sensoren, fysische grootheden

Sensoren, spanning en stroom

Vermogenselektronica

Versterkers, op-amp's en buffers

Video schakelingen

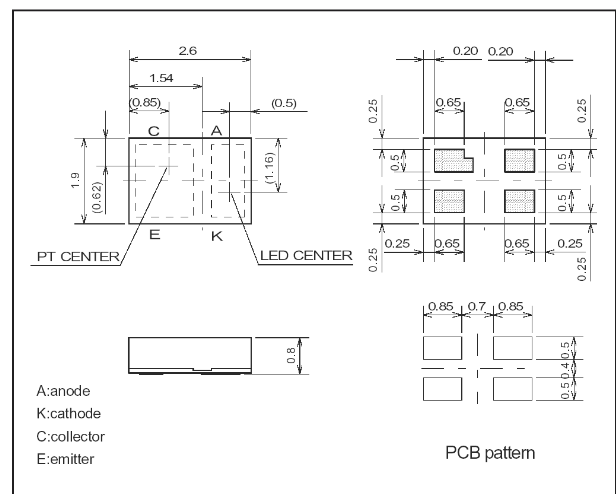
Voedingselektronica

7/254

NJL5902R, subminiatuur fotoreflector

Kennismaking
De NJL5902R van New Japan Radio Co. is een zeer kleine fotoreflector die kan worden gebruikt voor het bepalen van de positie van bewegende voorwerpen, zoals de exacte plaats van de pick-up in een DVD-speler of de exacte plaats van een lens in een systeem met automatische scherpstelling. De chip heeft als afmetingen 1,9 x 2,6 x 0,8 mm^3 en kan dus met recht subminiatuur worden genoemd. De NJL5902R bevat een infrarode LED en een fotogevoelige transistor, die in-line zijn opgesteld en dus alleen goed kunnen werken als de straal van de LED door een oppervlak wordt teruggekaatst. De optimale detectie-afstand tussen chip en voorwerp bedraagt 0,7 mm. De NJL5902R wordt gekenmerkt door een lage donkerstroom van 0,2 µA maximaal en een hoge signaal/ruis-verhouding, onder andere dank zij het ingebouwde filter voor zichtbaar licht.

Technische gegevens
- fabrikant
  New Japan Radio Co. Ltd.
- behuizing
  figuur 7/254-1
- aansluitgegevens
  figuur 7/254-1
- intern blokschema
  figuur 7/254-2
- voedingsstroom LED
  30 mA max.
- reverse spanning LED
  6 V max.

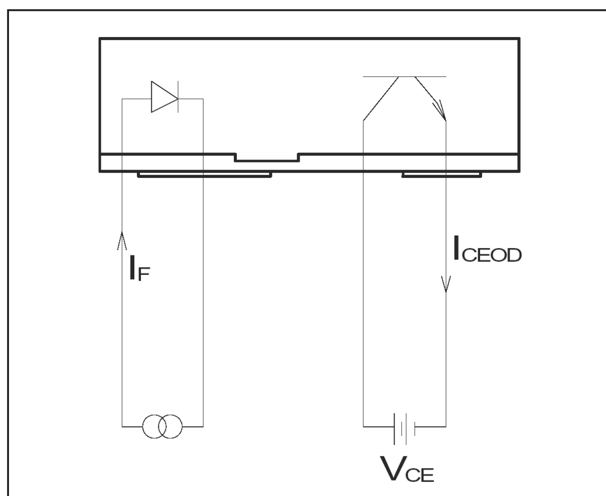


Figuur 7/254-1: Behuizing en aansluitgegevens van de NJL5902R.

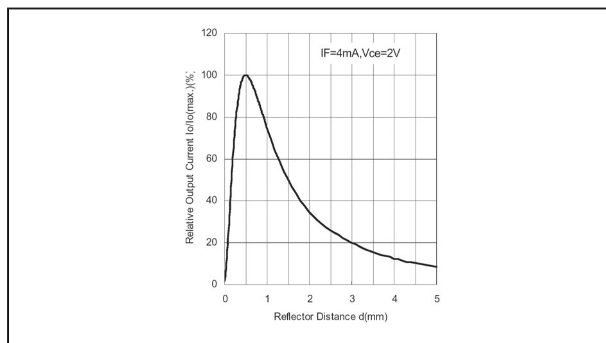
- geleidingsspanning LED (4 mA)
  1,4 V max.
- capaciteit LED
  25 pF typisch
- vermogen LED
  45 mW max.
- donkerstroom fototransistor
  0,2 µA max.
- collector/emitter-spanning fototransistor
  16 V max.
- collectorstroom fototransistor

NJL5902R, subminiatuur fotoreflector

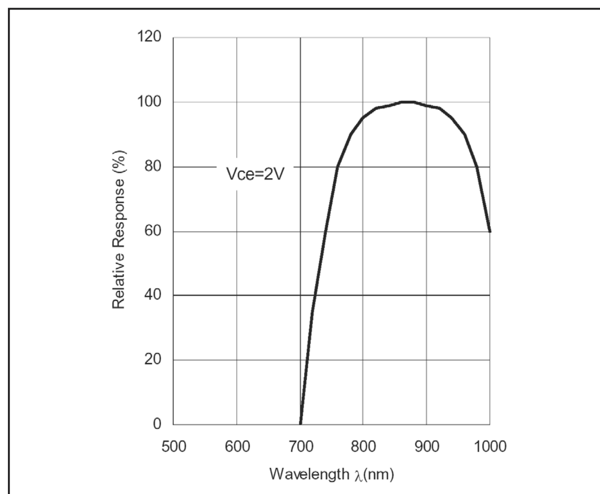
10 mA max.
- vermogen fototransistor
  25 mW max.
- totale stijgtijd (100 μA, 1 kΩ)
  30 μs typisch
- totale daaltijd (100 μA, 1 kΩ)
  30 μs typisch
- relatieve gevoeligheid versus detectie-afstand
  figuur 7/254-3
- spectrale gevoeligheid
  figuur 7/254-4



Figuur 7/254-2: Intern blokschema van de NJL5902R.



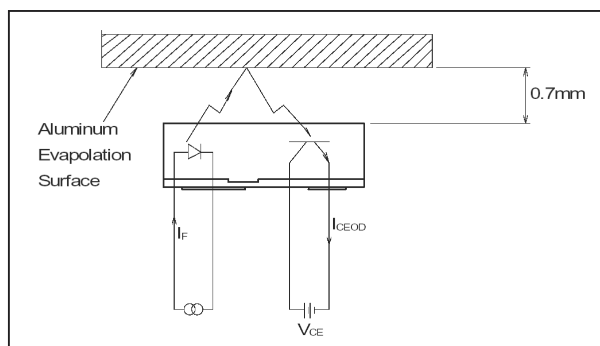
Figuur 7/254-3: Relatieve gevoeligheid in functie van de detectie-afstand.



Figuur 7/254-4: Spectrale gevoeligheid van de fotoreflector.

Voorbeeldschakeling

In figuur 7/254-5 is de standaard schakeling rond de NJL5902R weergegeven.



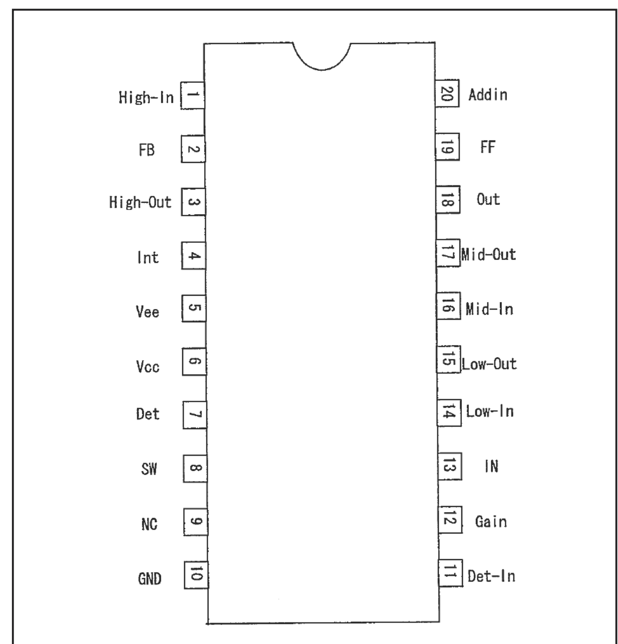
Figuur 7/254-5: Voorbeeldschakeling rond de NJL5902R.

7/255

NJM2153, ruisonderdrukker voor audiobronnen

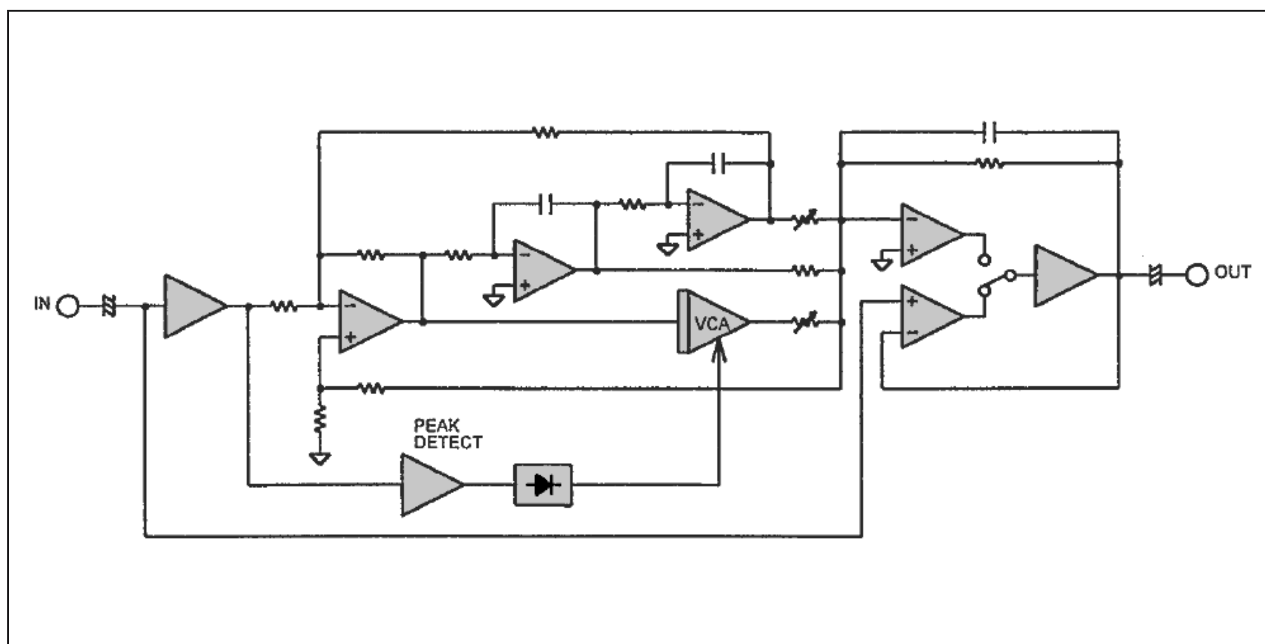
Kennismaking
De NJM2153 van New Japan Radio Co. bevat een peakdetector, een aantal filters en een spanningsgestuurde versterker. De schakeling is in staat de signaal/ruis-verhouding van een audiobron te verbeteren. Dit is vooral nuttig bij gevoelige microfoons, die zonder deze schakeling een zeer storend ruissignaal zouden genereren als zij geen écht signaal oppikken. De schakeling verbetert de signaal/ruis-afstand met gemiddeld 15 dB. De schakeling heeft een interne elektronische omschakelaar, waarmee het effect op het signaal kan worden uitgeschakeld.

Technische gegevens
- fabrikant
  New Japan Radio company Ltd.
- behuizing
  DIP-20, DMP-20
- aansluitgegevens
  figuur 7/255-1
- intern blokschema
  figuur 7/255-2
- functie van de pennen
  figuur 7/255-3
- voedingsspanning
  ±9,0 V min., ±18,0 V max.
- voedingsstroom
  ±8,0 mA max.
- ingangsspanning
  2,11 $V_{effectief}$ max.
- uitgangsspanning
  8,41 $V_{effectief}$ max.
- ruisspanning op uitgang (UIT)
  -84 dB typisch
- ruisspanning op uitgang (AAN)
  -100 dB typisch
- totale harmonische vervorming (UIT)
  0,05 % max.
- totale harmonische vervorming (AAN)
  0,1 % max.



Figuur 7/255-1: Aansluitgegevens van de NJM2153.

NJM2153, ruisonderdrukker voor audiobronnen



Figuur 7/255-2: Intern blokschema van de NJM2153.

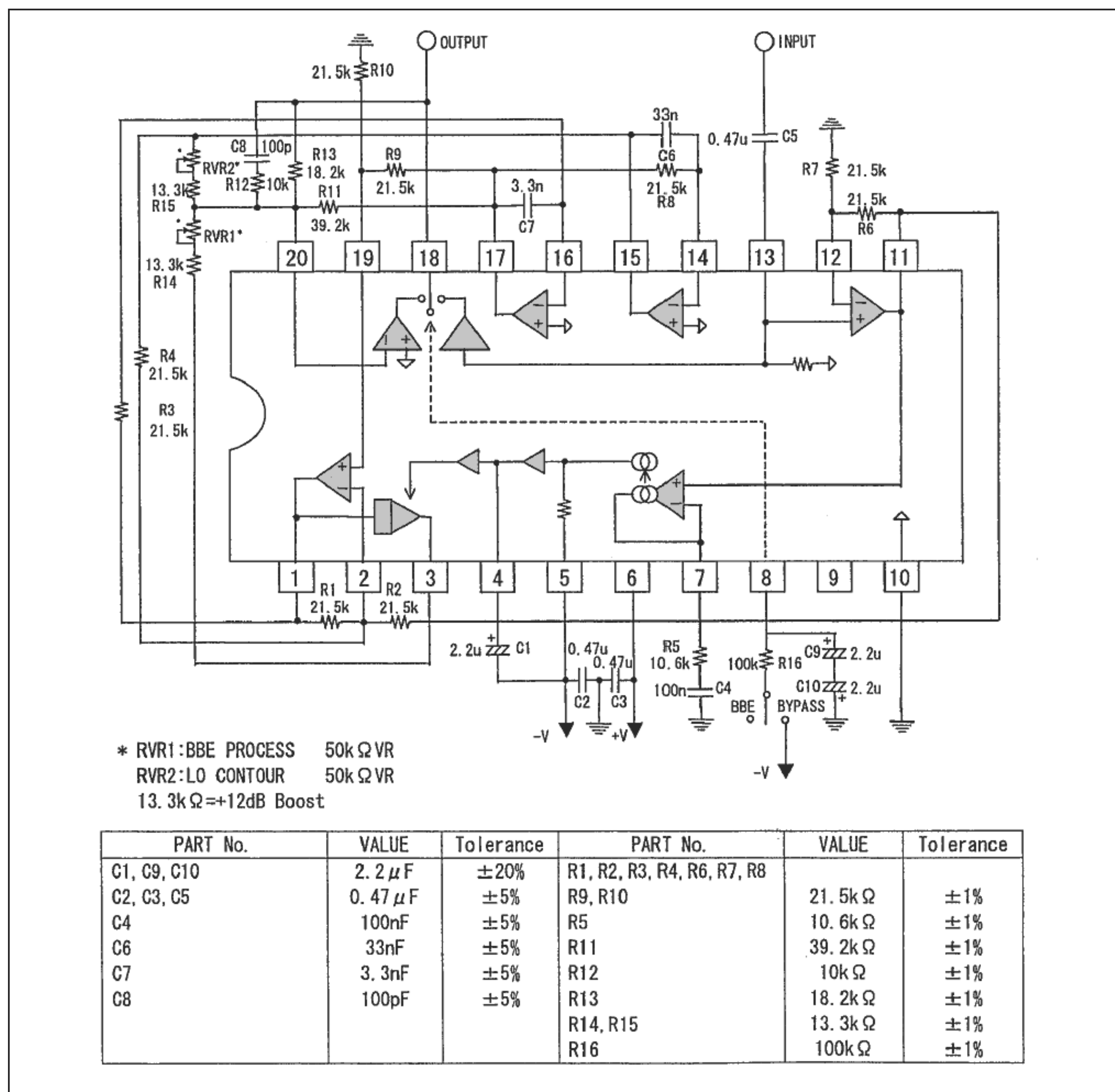
No.	SYMBOL	FUNCTION	No.	SYMBOL	FUNCTION
1	High-In	High Band Input	11	Det-In	Detector Input
2	FB	Feedback	12	Gain	Gain
3	High-Out	High Band Output	13	IN	Input
4	Int	Integral	14	Low-In	Low Band Input
5	Vee	Negative Power Supply	15	Low-Ont	Low Band Output
6	Vcc	Positive Power Supply	16	Mid-In	Mid Band Input
7	Det	Detector	17	Mid-Out	Mid Band Output
8	SW	BBE ON/OFF Switch	18	Out	Output
9	NC	——	19	FF	Feedforward
10	GND	Ground	20	Addin	Add In

Figuur 7/255-3: Functie van de pennen.

Voorbeeldschakeling

In figuur 7/255-4 is de door de fabrikant voorgeschreven schakeling rond de NJM2153 weergegeven. Met de schakelaar op pen 8 kan het effect op het signaal worden uitgeschakeld.

NJM2153, ruisonderdrukker voor audiobronnen



PART No.	VALUE	Tolerance	PART No.	VALUE	Tolerance
C1, C9, C10	2.2µF	±20%	R1, R2, R3, R4, R6, R7, R8		
C2, C3, C5	0.47µF	±5%	R9, R10	21.5kΩ	±1%
C4	100nF	±5%	R5	10.6kΩ	±1%
C6	33nF	±5%	R11	39.2kΩ	±1%
C7	3.3nF	±5%	R12	10kΩ	±1%
C8	100pF	±5%	R13	18.2kΩ	±1%
			R14, R15	13.3kΩ	±1%
			R16	100kΩ	±1%

Figuur 7/255-4: Standaard schakeling rond de NJM2153.

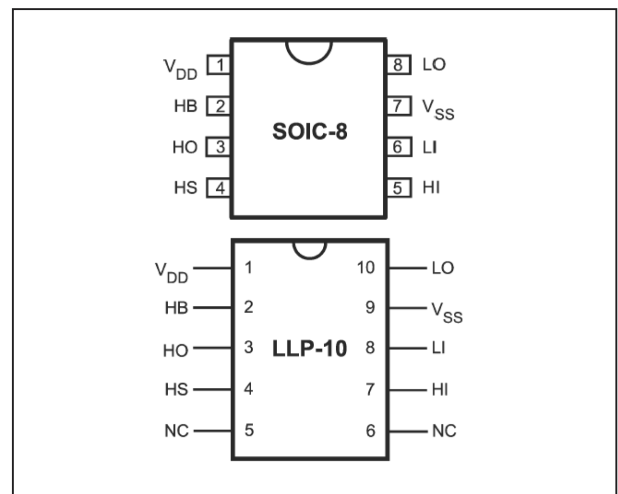
NJM2153, ruisonderdrukker voor audiobronnen

7/256

LM5100, High en Low Side driver voor MOSFET's in brugschakeling

Kennismaking
De LM5100 van NatSemi bevat alle noodzakelijke driverschakelingen voor het aansturen van de gates van twee in brug geschakelde N-kanaals MOSFET's. De High Side driver kan werken met een bootstrap voedingsspanning tot 100 V. De twee uitgangen worden individueel gecontroleerd door CMOS-compatibele signalen op HI en LI. Deze ingangen zijn voorzien van schmitt-trigger ingangen. De schakeling bevat de noodzakelijke bootstrap diode, die verantwoordelijk is voor het opladen van de (externe) bootstrap condensator aan de High Side kant van de brug. De uitgangen zijn in staat capacitieve belastingen tot 1.000 pF aan te sturen met een stijgtijd van slechts 25 ns typisch.

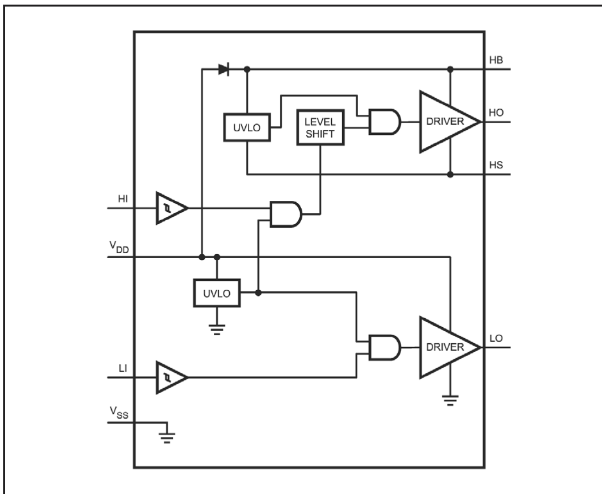
Technische gegevens
– fabrikant
  NatSemi
– behuizing
  SOIC-8, LLP-10
– aansluitgegevens
  figuur 7/256-1
– intern blokschema
  figuur 7/256-2
– voedingsspanning
  18 V max.
– spanning op bootstrap uitgang
  118 V max.
– ruststroom
  0,2 mA max.
– "L"-niveau op HI en LI
  3,0 V min., 5,0 V max.
– "H"-niveau op HI en LI
  5,5 V min., 8,0 V max.
– ingangsweerstanden
  100 kΩ min., 500 kΩ max.
– dynamische weerstand bootstrap diode
  0,8 Ω typisch, 1,5 Ω max.
– geleidingsspanning bootstrap diode
  1,1 V max. (100 mA)



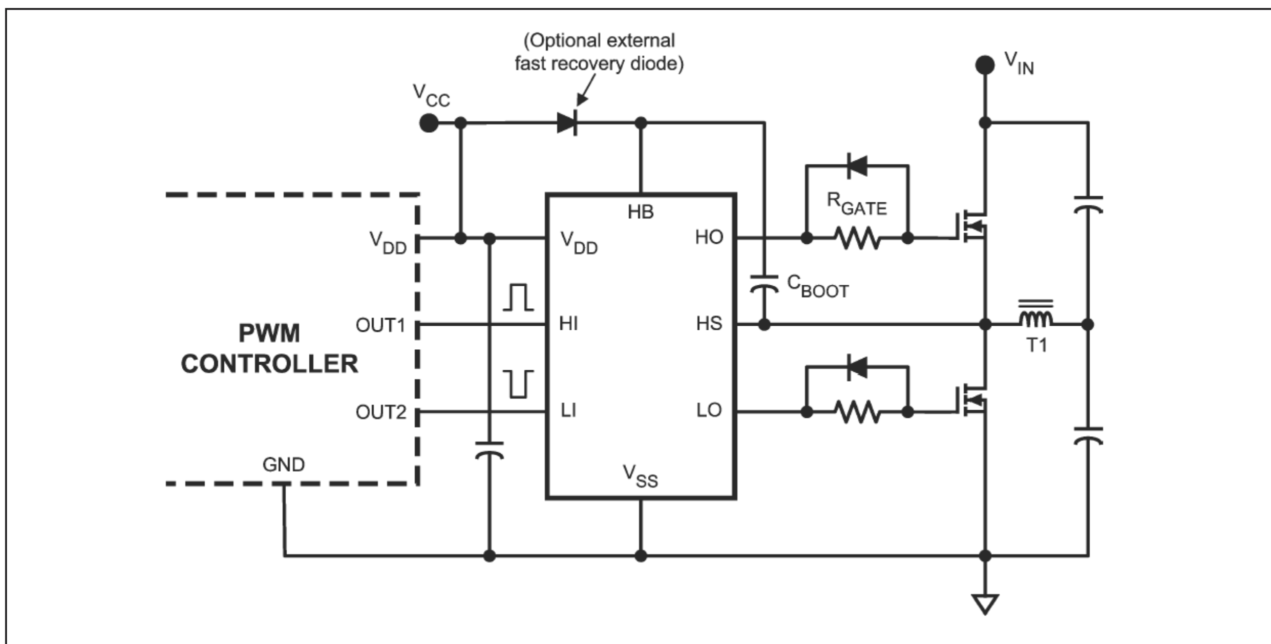
Figuur 7/256-1: Aansluitgegevens van de LM5100.

Voorbeeldschakeling
In figuur 7/256-3 is de standaardschakeling rond de LM5100 getekend voor het

aansturen van twee N-kanaals MOSFET's die in een halve brug configuratie zijn geschakeld.



Figuur 7/256-2: Intern blokschema van de LM5100.



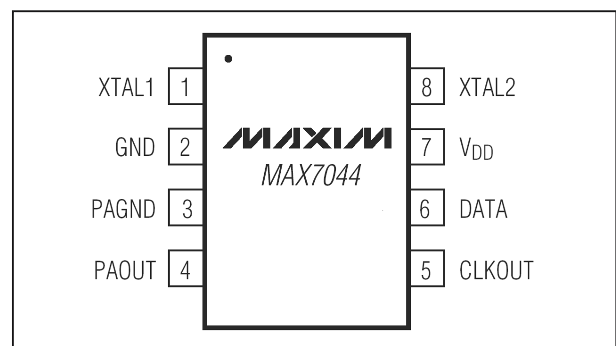
Figuur 7/256-3: Voorbeeldschakeling rond de LM5100.

7/257

MAX7044, kristalgestuurde 300 MHz zender voor digitale gegevens

Kennismaking
De MAX7044 van Maxim bevat een kristalgestuurde en via het Phase Locked Loop principe werkende zender, die ontworpen is voor het via een draaggolf van 300 MHz tot 450 MHz verzenden van digitale gegevens. De zendfrequentie is gelijk aan 32 keer de kristalfrequentie. De schakeling ondersteunt digitale stromen tot 100 kbit/s en kan een uitgangsvermogen van +13 dBm leveren in een belasting van 50 Ω. De schakeling levert een clockpuls met een frequentie die gelijk is aan 1/16 van deze van het toegepaste kristal.
De schakeling is bruikbaar als hart van een domotica afstandsbesturing, waarmee lampen en apparaten op afstand in- en uit te schakelen zijn, als draadloze garagedeur opener en in allerlei andere draadloze radiofrequente besturingen.

Technische gegevens
- fabrikant
  Maxim
- behuizing
  SOT-23
- aansluitgegevens
  figuur 7/257-1
- intern blokschema
  figuur 7/257-2
- voedingsspanning
  2,1 V min., 3,6 V max.
- voedingsstroom
  25,4 mA max.
- stand-by stroom
  2,9 µA max.



Figuur 7/257-1: Aansluitgegevens van de MAX7044.

- zendfrequentie
  300 MHz min., 450 MHz max.
- data rate
  100 kbit/s max.
- modulatie diepte
  90 dB typisch
- uitgangsvermogen
  15,4 dBm max.
- efficiëntie
  48 % typisch
- VCO versterking
  330 MHz/V typisch
- draaggolf harmonischen
  -50 dBc typisch
- kristal frequentie
  f_{RF} / 32

MAX7044, kristalgestuurde 300 MHz zender voor digitale gegevens

- data "L"
  0,25 V max.
- data "H"
  V_{DD} - 0,25 V min.
- clock uitgang
  f_{XTAL} / 16



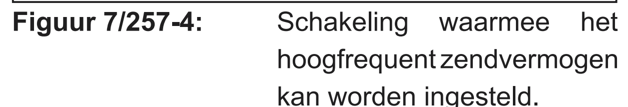
Figuur 7/257-2: Intern blokschema van de MAX7044.

Voorbeeldschakelingen

In figuur 7/257-3 is de typische schakeling rond de MAX7044 weergegeven. Door, volgens het schema in figuur 7/257-4, één weerstand R_{PWRADJ} toe te voegen kan het uitgangsvermogen tot -15 dBm teruggeregeld worden in die omstandigheden, waar er een maximum aan het uitgestraalde vermogen wordt voorgeschreven.



Figuur 7/257-3: Standaardschakeling rond de MAX7044.



Figuur 7/257-4: Schakeling waarmee het hoogfrequent zendvermogen kan worden ingesteld.

8/3

Meettechniek

Inhoud

8/3.9 De Lascar Electronics EL-USB-1 temperatuur logger
(verschenen in de 116e aanvulling)

8/3.10 De Lascar Electronics PSU 130 laboratorium voeding
(verschenen in de 116e aanvulling)

8/3.11 De USB-Instruments PS40M10 "Swordfish" 40 Msamples/s scope
(verschenen in de 117e aanvulling)

8/3.12 De Peak Atlas SCR100 thyristor en triac analyser
(verschenen in de 118e aanvulling)

8/3.13 De Peak Atlas ESR60 in-circuit intelligente ESR meter
(verschenen in de 118e aanvulling)

8/3.14 De DS1M12 "Stingray", een vijf in één USB meetapparaat
(verschenen in de 121e aanvulling)

8/3.15 Differentiële meetprobe SI-9001
(verschenen in de 125e aanvulling)

8/3.16 Spanningen en stromen loggen met de Lascar EL-USB-xx dataloggers
(verschenen in de 125e aanvulling)

8/3.17 De USBscope50, een 50 Msamples/s scope als USB-stick
(verschenen in de 126e aanvulling)

8/3.17

De USBscope50, een 50 Msamples/s scope als USB-stick

Kennismaking

Klein, kleiner, allerkleinst...
Zijn er grenzen aan miniaturisering? Tien jaar geleden moest u behoorlijk wat gewicht verslepen als u met een oscilloscoop op pad moest. Toen kwamen allerlei miniatuur apparaatjes, aan te sluiten op uw PC via USB. In hoofdstuk 8/3.14 hebben wij zo'n miniatuur oscilloscoop besproken, de DS1M12 van USB-Instruments. Een apparaatje, niet groter dan uw hand, maar dat wél een complete tweekanaals oscilloscoop bevat.
Maar... blijkbaar kan het tóch nog kleiner!
Het Engelse bedrijf Elan Digital Systems Ltd. brengt nu de USBscope50 op de markt, een eenkanaals scope met een sampling snelheid van 50 Msamples/s en dát in een apparaatje dat niet veel groter is dan een ordinaire USB geheugenstick. In figuur 8/3.17-1 ziet u dat wij niet overdrijven. Links zit de normale BNC-connector waarop u uw meetprobe aansluit. Rechts ziet u de USB-steker, die u in de USB-connector van uw laptop plugt.

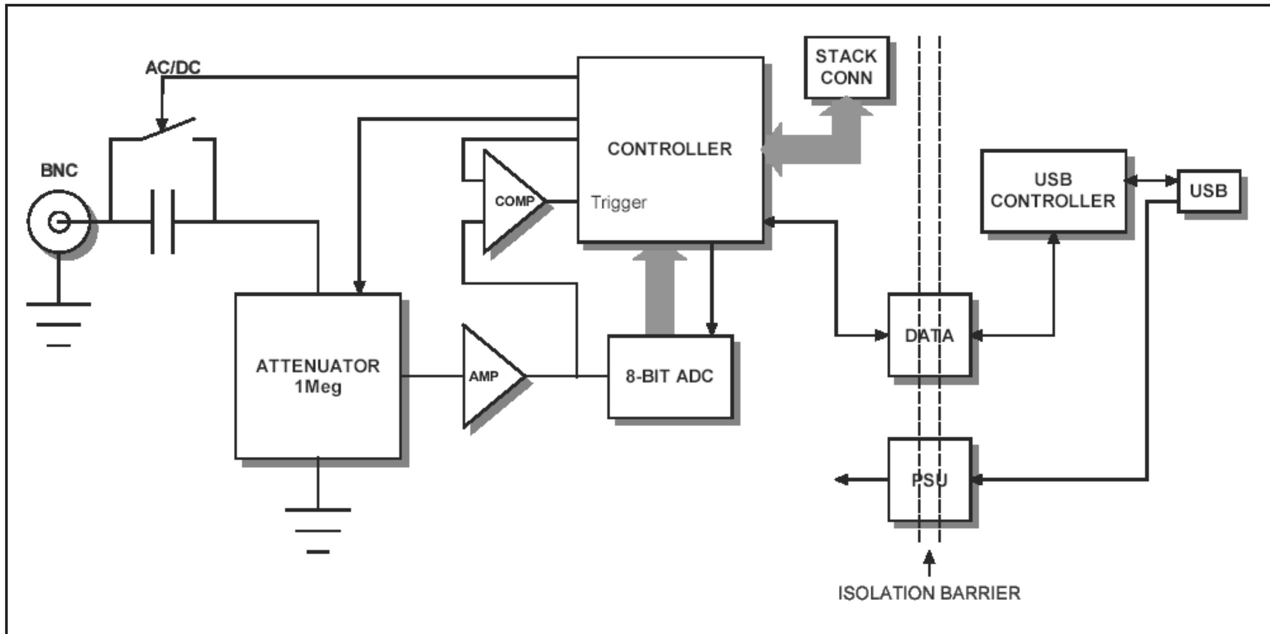
Galvanische scheiding
De USBscope50 heeft een aantal opmerkelijke eigenschappen. Op de eerste plaats bestaat er een ***absoluut galvanische scheiding*** tussen de massa van de BNC-connector en de USB-massa. Een voor zover bekend unieke eigenschap, waarvan het voordeel niet genoeg benadrukt kan worden.



Figuur 8/3.17-1: Een complete scope ten grootte van een USB-stick, kan het nog kleiner?

Als u met de in hoofdstuk 8/3.14 beschreven DS1M12 meet, dan wordt de massa van de BNC-connector via de massa van de USB-connector doorverbonden met de aarde van uw laptop. Dat is een alles behalve veilige situatie, waarbij u er steeds heel erg goed op moet letten hoe u uw meetprobe aansluit op de te meten spanning. Als u dat niet doet, bestaat het gevaar dat u de massa en de aar-

3.17 De USBscope50, een 50 Msamples/s scope als USB-stick



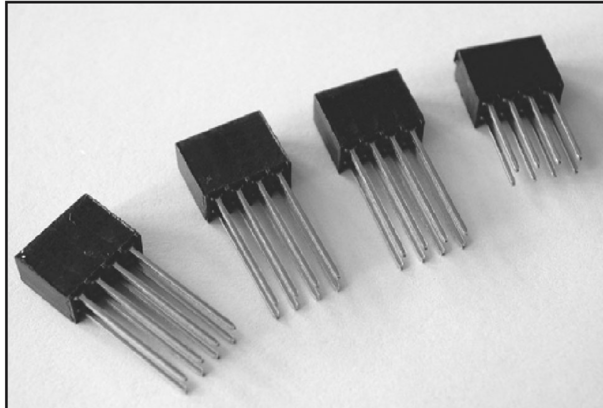
Figuur 8/3.17-2: Het intern blokschema van de USBscope50, waaruit duidelijk de galvanische scheiding tussen in- en uitgang blijkt.

de van uw laptop verbindt met de een of andere gevaarlijke spanning, met alle gevolgen vandien.
Bij de USBscope50 kunnen dergelijke gevaarlijke situaties niet voorkomen. Kijk maar naar het blokschema, voorgesteld in figuur 8/3.17-2. U herkent de normale blokken die u in iedere digitale scope aantreft: de ingangsverzwakker, de analoog naar digitaal omzetter en de controller die het apparaat vanuit de software bestuurt. Zoals iedere USB-scope wordt ook de USBscope50 gevoed vanuit de USB-connector. Echter, de ingebouwde voeding die uit de +5 V die USB levert de noodzakelijke voedingsspanningen voor de scope-elektronica afleidt, heeft een “isolation barrier”. Dat wil zeggen dat deze voeding zorgt voor een galvanische scheiding tussen de +5 V USB-voeding en de elektronica van de scope. Uiteraard moeten dan ook de data geïsoleerd naar de USB-bus worden getransporteerd. Vandaar dat de “isolation barrier” ook doorloopt naar het blokje DATA. De galvanische scheiding weerstaat 300 V, zodat u bij wijze van spreken de BNC-connector van de USBscope50 rechtstreeks met de 230 V netspanning kunt verbinden zonder dat uw PC of laptop daar last van heeft.

Stackable

Een tweede unieke eigenschap van dit apparaatje is dat u maximaal vier USBscope50 scopes in elkaar kunt pluggen, met als resultaat een vierkanaals oscilloscoop met bediening vanuit één scherm. Op de foto van figuur 8/3.17-1 ziet u de connector “STACK”. Deze connector is het geheim van de smid. De fabrikant verkoopt (tegen een forse prijs, dat wel) de zogenoemde “Stacking Connector Kit”, voorgesteld in figuur 8/3.17-3. Met deze vier connectoren kunt u, via de “STACK”, vier apparaatjes tot één geheel verenigen, zie figuur 8/3.17-4.

3.17 De USBscope50, een 50 Msamples/s scope als USB-stick



Figuur 8/3.17-3: Met deze “Stacking Connector Kit” kunt u vier scope’s verenigen tot één vierkanaals instrument.



Figuur 8/3.17-4: Twee scope’s zijn gestacked tot één tweekanaals instrument.

De meegeleverde software herkent automatisch een stack en geeft de signalen van de maximaal vier scope’s in hetzelfde venster weer.
De stack-functie is uniek, maar heeft toch een paar praktische beperkingen. De voornaamste is wel dat u alle gestackte scopes wél door middel van een eigen USB-poort met uw PC moet verbinden. De USB-connectoren van een gestackte eenheid zitten echter zo dicht bij elkaar, dat u dat niet lukt zonder de aanschaf van USB verlengkabels.
Een tweede probleem is dat iedere USBscope50 ongeveer 200 mA stroom verbruikt uit de USB-connector. Als u dus een paar apparaatje stackt dan overbelast u uw PC. De enige optie is dan het geheel aansluiten op een zogenoemde “self-powered USB-hub” die een eigen voeding bevat met voldoende stroomcapaciteit. U krijgt dan echter een nogal rommelig geheel: USB-kabel van PC naar hub, USB-kabels van deze hub naar alle gestackte oscilloscopen. Het grote voordeel van de USBscope50, het kleine handige formaat, gaat dan wel grotendeels verloren, maar het kán.

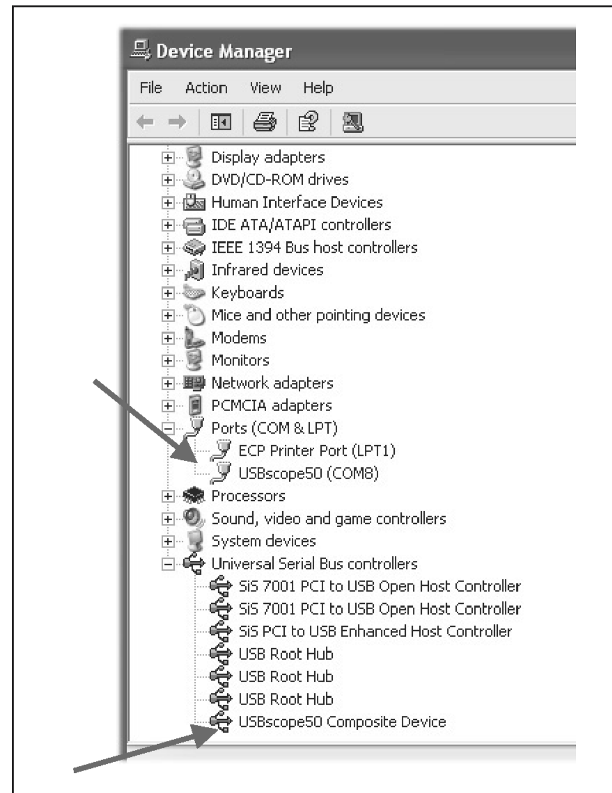
Technische specificaties
De specificaties van het apparaatje mogen gezien worden:
- ingangsimpedantie:
  1 MΩ, ±2 %
- ingangscapaciteit:
  16 pF ±10 %
- ingangsgevoeligheid:
  30 mV/div tot 3 V/div
- ingangskoppeling:
  AC, DC, GND
- isolatiespanning tussen BNC en USB:
  300 V CAT II, 500 V CAT I
  ±2,5 kV voor transiënten
- isolatiecapaciteit tussen BNC en USB:
  1.000 pF
- maximale ingangsspanning:
  ±50 V
- ingangsnauwkeurigheid:
  ±4 % typisch
- analoge bandbreedte:
  75 MHz, ±3 dB
- resolutie ADC:
  8 bit
- sampling rate:
  50 Msample/s single shot max.

3.17 De USBscope50, een 50 Msamples/s scope als USB-stick

1 Gsample/s bij periodieke signalen
– geheugendiepte:
3.000 samples
– tijdbasis:
4 ns/div tot 4 s/div
– triggering:
pre- en post-triggering
trigger delay
– trigger modi:
auto, free, normal, flank, groter dan, kleiner dan
– mathematische functies:
Fast Fourier Transform
wiskundige bewerkingen op twee kanalen
– export:
TXT export van alle gegevens
– voedingsspanning:
5,0 V ±10 % via USB
– voedingsstroom:
200 mA typisch
– USB-protocol:
USB 1.1, 12 Mb/s

Systeemeisen
De bij de USBscope50 geleverde software draait onder Windows 98SE, ME, 2000 en XP. Er worden niet veel eisen gesteld aan uw systeem:
– Pentium 600 MHz;
– 16 bit grafische kaart;
– 256 MB RAM.

Installatie
Zoals gebruikelijk moet u eerst de SETUP via de bijgeleverde CD-ROM uitvoeren en nadien de USBscope50 in uw PC pluggen. Vervolgens worden er twee hardware devices geïnstalleerd, de “USBscope 50 Composite Device” en de “USBscope50”. Na de installatie treft u deze twee apparaten aan in de ”Device Manager" van uw PC, zie figuur 8/3.17-5. Let op het poortnummer, in dit geval COM8, want dit gegeven kan van pas komen.

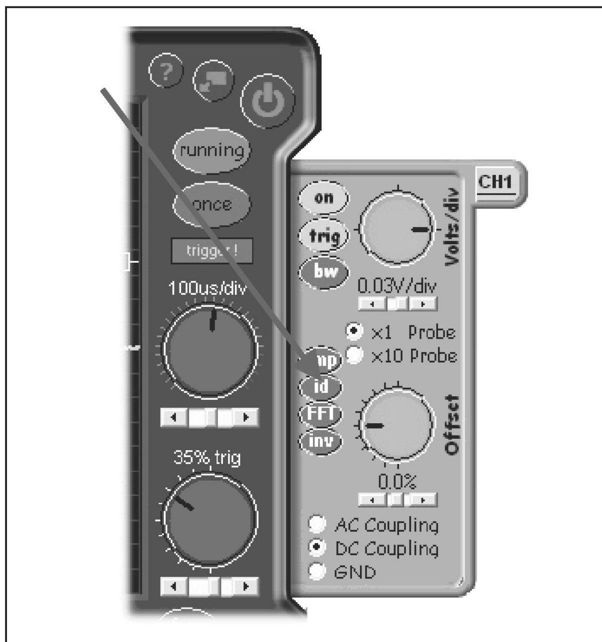


Figuur 8/3.17-5: Op deze manier kunt u controleren of de twee hardware devices goed zijn geïnstalleerd en welk poortnummer aan het USB-device is toegekend.

Stacked Mode
Als u werkt met twee of meer scope’s die zijn gestacked, dan herkent de software deze configuratie automatisch en initialiseert een na een alle scopes. Iedere scope krijgt in het venster van de software een eigen tab (zie later), waarmee u de scope kunt bedienen. Blijft natuurlijk de vraag hoe u te weten komt welke tab aan welke scope wordt toegekend. In de tab van iedere scope treft u de knop “id” aan, zie figuur 8/3.17-6. Als u op deze knop klikt gaat de LED in de betreffende sco-

3.17 De USBscope50, een 50 Msamples/s scope als USB-stick

pe ongeveer vier seconde snel knipperen. Op deze manier kunt u dus uw scope's in de software identificeren. Als u behoefte heeft om de gestackte scope's in een logischer volgorde aan de tab's toe te kennen, dan kunt u het programma verlaten, de USB-connectoren loskoppelen en de scope's in de juiste volgorde restacken.



Figuur 8/3.17-6: Via de knop "id" in de tab's van de scope's kunt u bekijken welke scope aan welke tab in de software is gekoppeld.

MIS Mode

U kunt diverse USBscope50 scopes ook als individuele instrumenten gebruiken, met als groot voordeel dat u natuurlijk aan iedere scope een eigen tijdbasissnelheid kunt toekennen, iets dat in de Stacked Mode niet kan. Bovendien zijn dan alle scope's volledig galvanisch van elkaar gescheiden, tenzij u de BNC-massa's doorverbindt. Een dergelijke meetopstelling kan natuurlijk heel handig zijn als u in één schakeling zowel spanningen als stromen wilt meten. U kunt dan met de ene scope op de normale manier een spanning meten en de andere scope over een stroomsensorweerstand aansluiten. Als u er dan maar voor zorgt dat er geen massaverbinding tussen beide apparaten bestaat kunt u dergelijke metingen zonder gevaar voor kortsluitingen uitvoeren.

Deze opzet wordt de MIS Mode genoemd, letterwoord voor "Multi Independent Scope". Iedere scope moet natuurlijk via een eigen USB-poort met uw PC worden verbonden en u mag de onderlinge connectoren van figuur 8/3.17-3 natuurlijk niet aanbrengen. Bovendien moet de software worden duidelijk gemaakt welke scope hij moet besturen. Om deze modus werkzaam te maken, moet u de software opstarten met command line parameters:

USBscope50.exe /MISp:c

waarin:

– p staat voor het poortnummer van de betreffende scope;
– c staat voor het tabnummer in de software dat de scope bedient.

Het poortnummer van de scope's kunt u afleiden uit uw Device Manager, zie figuur 8/3.17-5. In dit geval is aan de ene scope die werd gedetecteerd het poortnummer COM8 toegekend.

Als u bijvoorbeeld twee scope's heeft aangesloten die u onafhankelijk van elkaar wilt bedienen en die de poortnummers COM4 en COM5 hebben, dan gaat u als volgt te werk:

– Zoek via "Mijn computer" het programma "USBscope50.exe", dat de SETUP heeft geïnstalleerd in de map "Program Files\USBscope50".
– Klik met de rechter muisknop op het bestand "USBscope50.exe" en selec-

3.17 De USBscope50, een 50 Msamples/s scope als USB-stick

teer "Create Shortcut" (maak snelkoppeling).
- Sleep deze snelkoppelng naar uw bureaublad.
- Herhaal deze twee laatste stappen, zodat u twee snelkoppelingen op uw bureaublad heeft staan.
- Klik met de rechter muisknop op de eerste snelkoppeling en kies "Proporties" (Eigenschappen).
- U ziet in het venster het volledige pad naar het programma, voeg hier na de letters "exe" de command line parameter " /MIS4:1" toe, let op de spatie.
- Doe hetzelfde met de tweede snelkoppeling en voeg de parameter "/MIS5:2" toe.

U kunt nu dubbelklikken op de twee snelkoppelingen, er verschijnen twee werkvensters in beeld die ieder een van uw scope's bedienen en uitlezen.

Het werken met de USBscope50

U kunt met de USBscope 50 werken als met iedere andere USB-scope. Plug het apparaatje in een vrije USB-poort, start de software op en sluit uw meetprobe aan op de BNC-ingang van de scope, zie figuur 8/3.17-7.



Figuur 8/3.17-7: Het werken met de USBscope50.

De software

Het venster van USBscope50.exe

Na het starten van het programma verschijnt het venster dat in figuur 8/3.17-8 is voorgesteld op uw scherm. Zoals u ziet, een nogal ongebruikelijk bedieningsscherm voor een software scope, u moet er even mee leren werken! Het grote zwarte vlak is uiteraard het "scherm" van de scope. U ziet het niet op deze zwart/wit-foto, maar dit scherm is voorzien van een donkerblauwe rasterindeling, zoals ieder scopescherm. Rechts naast dit scherm staan de bedieningsknoppen voor het starten van de scope en voor het instellen van de tijdbasis en de triggering. Helemaal rechts, "hangend" aan het apparaat, ziet u de negen tab's, die toegang geven tot de overige bedieningsknoppen van het apparaat.

De CH-tab's

Deze vier "CH1" tot en met "CH4" genoemde tab's zijn identiek en geven u toegang tot de versterkerinstellingen van uw scope's, zie figuur 8/3.17-9. De kleuren van de tab's zijn gelijk aan de kleuren van de traces van de vier kanalen op het scherm.
Met de bovenste ronde knop "Volt/div" kunt u de gevoeligheid instellen. Vreemd genoeg heeft deze knop maar drie bereiken:
- 0,03 V/div;
- 0,3 V/div;
- 3,0 V/div;

en dat in feite te weinig. Dat zal wel iets te maken hebben met de beperkte ruimte in het apparaatje en de onmogelijkheid hierin een uitgebreidere spanningsdeler plus de noodzakelijke elektronische schakelaars onder te brengen.

3.17 De USBscope50, een 50 Msamples/s scope als USB-stick



Figuur 8/3.17-8: Het venster van USBscope50.exe.

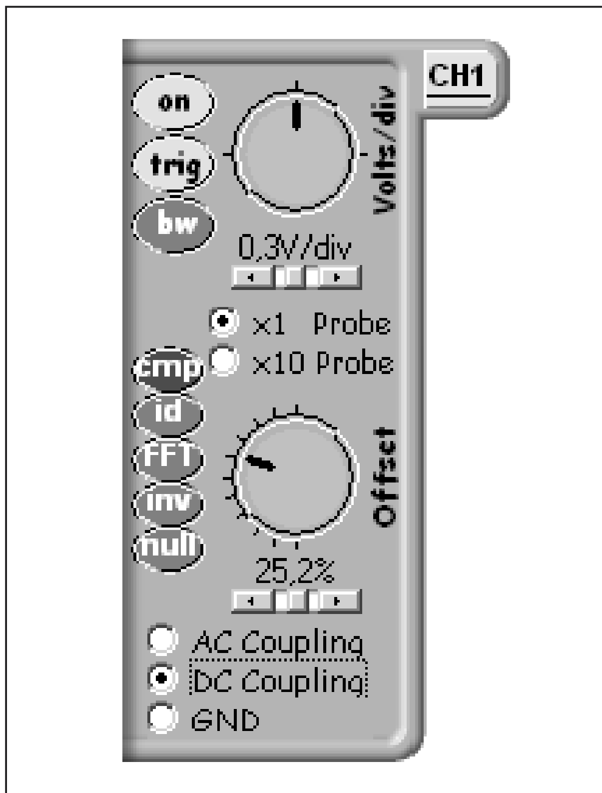
Onder deze knop ziet u een schuifschakelaar, waarmee u exact hetzelfde kunt doen en die dus eigenlijk overbodig is.
Als u meet met een verzwakkerprobe moet u de knop “x10 Probe” aanvinken. Zoals gebruikelijk wordt de gevoeligheid dan met een factor tien verlaagd, dus tot maximaal 30 V/div.
Met de tweede grote draaiknop “Offset” kunt u de nulpositie van de trace over het scherm verplaatsen. In het scherm van de scope ziet u links vier aardingssymbooltjes (zie figuur 8/3.17-8) die deze nulpositie vastleggen.
Onder ziet u de drie aanvinkrondjes, waarmee u de koppeling aan de ingang van de scope kunt instellen op:

- AC Coupling:
  Er wordt een kleine condensator in serie opgenomen, waardoor de bandbreedte daalt tot 3,4 Hz.
- DC Coupling:
  De ingang wordt rechtstreeks doorverbonden met de verzwakker, zodat de bandbreedte doorloopt tot 0 Hz en u gelijkspanningen kunt meten.
- GND:
  De ingang wordt aan de massa gelegd.

Links in de tab ziet u acht drukknopjes, met de volgende functies:

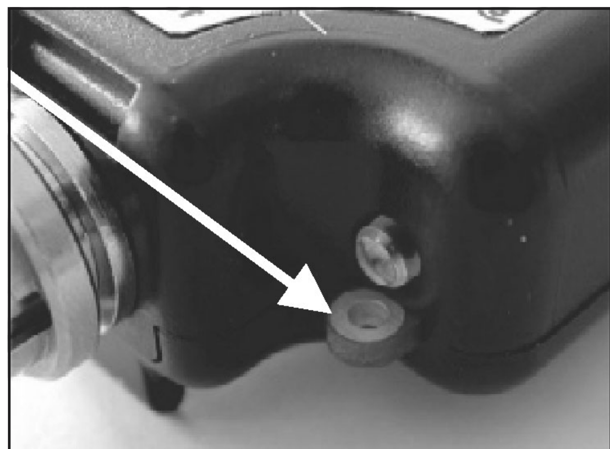
- on/off:
  Als u deze knop naar “off” klikt verdwijnt de trace van het betreffende kanaal van het scherm, de scope blijft echter wél werken.
- trig:
  Schakelt het betreffende kanaal in als triggerbron.
- bw:
  Met deze knop kunt u de bandbreedte beperken tot een/vierde van de normale waarde, dus tot 18 MHz.

3.17 De USBscope50, een 50 Msamples/s scope als USB-stick



Figuur 8/3.17-9: De bedieningsknoppen in de "CH"-tab's.

– cmp:
  Als u deze knop activeert kunt u uw verzwakker meetprobe compenseren. Onder de LED op de USBscope50 treft u, zie figuur 8/3.17-10, een contactje aan waarin u de haak van uw meetprobe kunt vastklemmen. De elektronica zet een 1 kHz blokgolf op deze uitgang, waarmee u uw probe capacitief kunt compenseren tot er een zuivere rechthoek op het scherm verschijnt.
– id:
  Drukken op deze knop heeft tot gevolg dat de USBscope50, die door dit kanaal wordt gestuurd, zijn LED laat knipperen.
– FFT:
  Met deze knop schakelt u de Fast Fourier Transform analyse in voor het betreffende kanaal, wij komen daar later op terug.
– inv:
  Het kanaal wordt geïnverteerd weergegeven.
– null:
  Na het drukken op deze knop verschijnt het venstertje van figuur 8/3.17-11 in beeld. U kunt nu de elektronica plus software automatisch de eventuele offset van de ingangsversterker laten compenseren. De software legt de ingang aan de massa, meet wat de ADC voor offsetspanning levert en slaat deze binaire code in het geheugen op. Vanaf dat moment wordt deze offset automatisch gecompenseerd bij alle metingen.



Figuur 8/3.17-10: De uitgang waarop de USBscope50 een 1 kHz blokgolf zet voor het compenseren van uw 1/10 meetprobe.

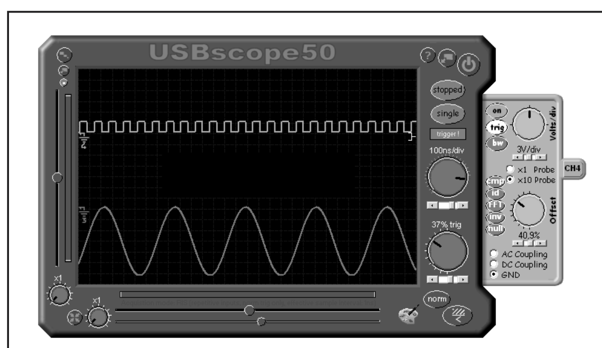
Het resultaat op het scherm

Als u de gevoeligheid goed heeft ingesteld, zet de software een keurig plaatje op uw scherm, zie figuur 8/3.17-12. Ook nu valt het donkerblauwe raster op het scherm weg op deze zwart/wit-foto. Als u deze foto vergelijkt met deze van figuur 8/3.17-8, dan stelt u vast dat de vormge-

ving er heel anders uitziet. De software heeft, zoals dat tegenwoordig blijkbaar moet, de mogelijkheid om verschillende “skins” in te stellen.



Figuur 8/3.17-11: Met dit venstertje kunt u de offset van de ingangsversterker compenseren.



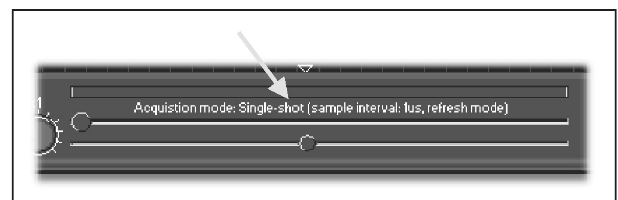
Figuur 8/3.17-12: De weergave van twee signalen op het scherm van de USBscope50.

Acquisitie modi

Zoals de meeste moderne digitale sampling oscilloscopen heeft ook de USBscope50 verschillende werkingsmodi. In dit geval zijn dat:

– Single Shot;
– Random Interleaved Sampling.

De modus waarin de scope bij de actuele meting werkt, wordt weergegeven onder het scherm. Daar staan ook, zie figuur 8/3.17-13, twee schuifpotentiometers waarmee u door de samples kunt scrollen.



Figuur 8/3.17-13: Onder het scherm wordt de actuele acquisitie modus weergegeven.

Single Shot

Bij deze modus wordt de ADC continu geclocked tot een maximale snelheid van 50 Msamples/s. Deze snelheid is uiteraard afhankelijk van de instelling van de tijdbasis. Het samplen start als aan de door u ingestelde triggercondities wordt voldaan. De samples worden in het buffergeheugen van 3.000 samples volgens het “first in, first out”-princpe opgeslagen en weergegeven op het scherm. Deze modus is ideaal voor het weergeven van niet-repeterende signalen, zoals enkelvoudige pulsen en onregelmatige gebeurtenissen op een bus- of datalijn. U kunt er ook repeterende signalen zoals sinussen mee bewonderen, maar dan heeft deze modus tóch beperkingen. Als u een sinus met een frequentie van 10 MHz meet, dan kan de ADC maximaal vijf samples per periode maken. Het resultaat op het scherm ziet er dus nogal trapvormig uit. Vandaar dat deze modus voor het observeren van stabiele repeterende signalen geschikt is tot een signaalfrequentie van slechts 1 MHz.

3.17 De USBscope50, een 50 Msamples/s scope als USB-stick

De tijdbasis

U stelt de tijdbasis en dus de samplingfrequentie in met de bovenste grote ronde knop naast het scherm. Deze knop heeft het uitstekende bereik van 4 s/div tot 4 ns/div.
In de Single Shot modus kunt u tijdbasis echter slechts instellen tot een maximale snelheid van 200 ns/div. Denk er bovendien aan dat de totale acquisitietijd toeneemt naarmate u de tijdbasis op een lagere snelheid instelt. Als u met de laagste tijdbasissnelheid werkt, dan duurt het 120 seconde voordat alle samples in de buffer zijn ingelezen en het display wordt ververst.

Random Interleaved Sampling

Deze modus werkt complexer en is alleen geschikt voor het weergeven van stabiele repeterende signalen. Bij deze RIS modus zal de software opeenvolgende periodes van het repeterend signaal samplen met iedere keer een andere kleine vertraging ten opzichte van het triggerpunt. Op deze manier worden dus ook momentele signaalwaarden, die normaal niet gesampeld worden, tóch gesampeld, namelijk bij de tweede, derde, en volgende periodes. Het systeem maakt op deze manier een veel nauwkeuriger “digitale representatie” van het analoge signaal dan mogelijk is met de Single Shot modus. U krijgt dus mooiere plaatjes op uw scherm met veel minder “trapvormige benadering”, maar het zal wel duidelijk zijn dat deze modus alleen bevredigende resultaten oplevert als u zeer frequentiestabiele signalen aan de ingang aanlegt.

Trigger modi

De USBscope 50 beschikt over drie trigger modi:

– Auto Triggering;
– Normal triggering;
– Free triggering.

Op het scherm van uw scope ziet u daarvoor de drukknopjes “running/stopped”, “single” en “norm/auto/free”.

Auto Triggering

In deze modus start de data-acquisitie onmiddellijk nadat de software uw USBscope50 heeft geïnitialiseerd. De scope werkt in principe zonder triggering, maar de software probeert wél te triggeren op de voorwaarden die u heeft ingesteld. In de meeste gevallen krijgt u dus een stilstaand beeld, omdat het triggeren vrijwel steeds zal lukken. Lukt het niet, dan valt het beeld niet weg zoals vaak het geval is, maar krijgt u het bekende “lopend beeld”.

Normal Triggering

In deze modus wordt de data-acquisitie alleen gestart als aan de ingestelde triggercondities kan worden voldaan. U ziet dus niets op uw scherm, tenzij er getriggerd wordt. Dit is de beste modus voor het weergeven van stabiele signalen, zoals sinussen.

Free Triggering

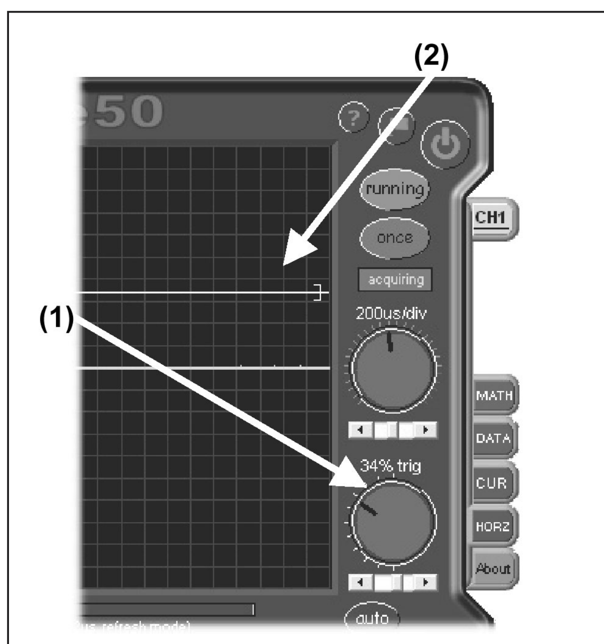
In deze modus wordt niet getriggerd en worden continu monsters van het ingangssignaal genomen en in de buffer opgeslagen. Deze modus is het best geschikt voor het observeren van gelijkspanningen.

Pre- en post-triggering

Op het scherm ziet u maar een deel van de in totaal 3.000 samples die in de buffer worden opgeslagen. Normaal is het zo dat het triggermoment in het midden van het scherm wordt weergegeven. U

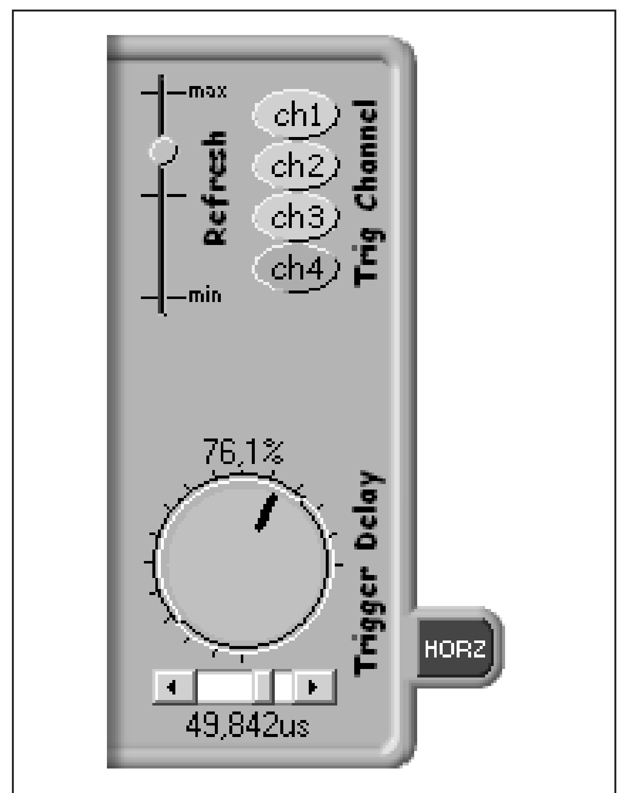
ziet dan een aantal samples vóór dit moment en even veel samples ná dat moment.
Met de in figuur 8/3.17-13 weergegeven schuifpotentiometer kunt u de eerdere en latere monsters bekijken. Het triggerpunt ligt dan natuurlijk niet meer in het midden van het scherm.

Trigger Threshold
Met de grote knop rechts in de hoek kunt u het triggerniveau instellen. Dat werkt natuurlijk alleen in de Auto en Normal triggermodi. U kunt het niveau ook veranderen door even met de linker muisknop op de gewenste positie in het scherm te klikken. In beide gevallen ziet u even een witte horizontale lijn verschijnen, die het nieuwe triggerniveau weergeeft, zie figuur 8/3.17-14.



Figuur 8/3.17-14: Na het veranderen van het triggerniveau met de grote ronde knop (1) ziet u heel even een wit lijntje (2) in beeld dat dit nieuwe triggerniveau visualiseert.

De tab "HORZ"
Via de tab "HORZ" krijgt u toegang tot een heel handige functie: de triggervertraging, ook wel vertraagde tijdbasis genoemd.
Met de grote draaiknop van figuur 8/3.17-15 kunt u de vertragingstijd instellen tussen het triggermoment en het moment waarop de data-acquisitie start. De vertraging is instelbaar in 65.535 stappen van het sample interval, door te klikken op de twee pijltjesknoppen kunt u dat heel precies instellen.
In dezelfde tab ziet u vier knoppen waarmee u het kanaal kunt selecteren waarop wordt getriggerd. Met de schuifpotentiometer "Refresh" kunt u de refreshsnelheid van de gegevens op het scherm instellen.

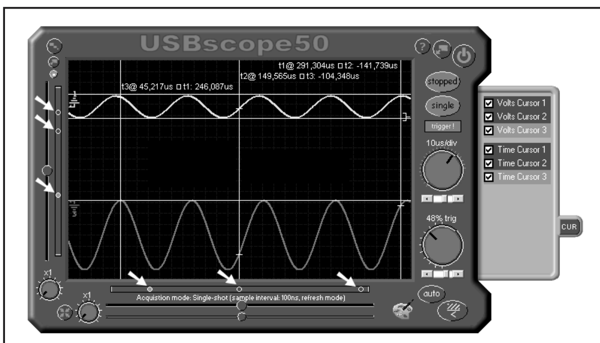


Figuur 8/3.17-15: In de tab "HORZ" kunt u de vertraagde triggering instellen.

3.17 De USBscope50, een 50 Msamples/s scope als USB-stick

De tab "CUR"

In deze tab kunt u drie horizontale en drie verticale cursoren in het beeld instellen, zodat u drie spanningen en drie tijden precies kunt meten. Na het aanklikken van de gewenste cursoren in de tab verschijnen er rond het scherm maximaal zes kleine bolletjes. Deze zijn in figuur 8/3.17-16 met pijltjes aangegeven. U kunt deze bolletjes met de linker muisknop heen en weer verplaatsen en op deze manier de cursorlijnen exact plaatsen op de positie waar u ze wilt hebben. De drie verticale cursoren worden voorzien van de exacte tijdsinformatie, de drie horizontale niet. Dat is geen probleem, want u ziet ook het tabelletje van figuur 8/3.17-17 verschijnen, waar alle meetgegevens en de absolute waarden van de cursorlijnen overzichtelijk worden weergegeven. In dit geval heeft de tabel maar twee rijen, omdat we alleen de signalen van de kanalen 1 en 3 in beeld hebben gezet. De tabel kan echter de gegevens van alle vier de ingangen bevatten. U ziet dat de software niet alleen de top-tot-top waarde van de signalen berekent, maar ook de gemiddelde waarde en de frequentie.



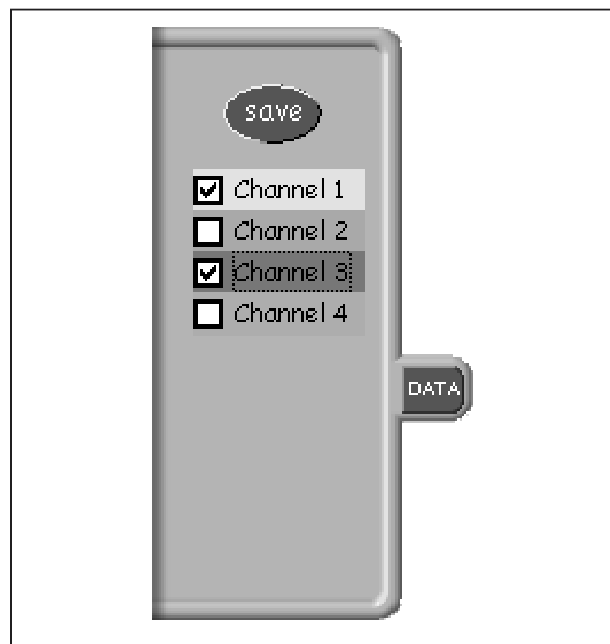
Figuur 8/3.17-16: Met de tab "CUR" kunt u zes cursoren in het beeld plaatsen om nauwkeurig de absolute waarde van spanningen en tijden te meten.

Ch	V/div	Vavg	Vpk-pk	Freq	@v1	@v2	@v3	@t1	@t2	@t3
1	3	+0,02	6,14	15,91KHz	+37,83	+31,27	+8,72	-2,95	+0,51	-2,76
3	0,3	-0,97	1,89	15,91KHz	+2,91	+2,25	+0,00	-0,14	-1,47	+0,00

Figuur 8/3.17-17: In deze tabel worden de resultaten van de metingen en de absolute waarden van uw cursoren samengevat.

De tab "DATA"

Via deze tab, weergegeven in figuur 8/3.17-18, kunt u de binaire samples van de maximaal vier kanalen wegschrijven onder de vorm van een TXT- bestand.



Figuur 8/3.17-18: Met deze tab kunt u de gedigitaliseerde gegevens van uw ingangssignalen als TXT-bestand bewaren.

Klik de kanalen aan waarvan u de gegevens wilt bewaren en druk nadien op "save". Via het bekende Windows-venstertje "Save as" kunt u de gegevens koppelen aan een nieuw bestand op uw harde schijf.

3.17 De USBscope50, een 50 Msamples/s scope als USB-stick

Iedere TXT-bestand bestaat uit 3.000 regels die ieder de decimale waarde bevatten van één sample uit het buffergeheugen, zie figuur 8/3.17-19. Nadien volgen nog wat lijnen met gegevens over de data-set, zoals datum en tijd. Een dergelijk bestand is zonder meer in te lezen in Excel of MathCAD voor verdere verwerking en analyse.

```
-5.0079
-4.7575
-5.0079
-5.0079
-4.7575
-4.7575
…
-5.0079
-4.7575
-4.7575
-4.7575
-4.7575
-4.7575

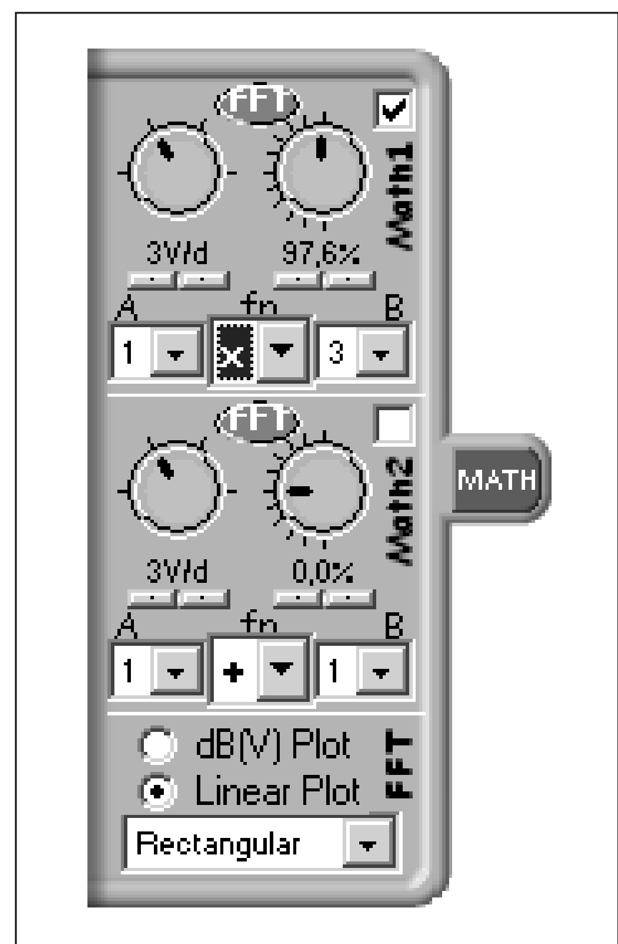
DATA FOR CH: 1
VERTICAL FULL SCALE (+/-v): 30
SAMPLE PERIOD (s): 0.0004
BANDWIDTH LIMIT: False
DATE: 21/09/2005 11:32:31
SOFTWARE: USBscope50 Ver1.0.8
```

Figuur 8/3.17-19: Een voorbeeld van een databestand onder de vorm van een Excel TXT-bestand.

De MATH tab

Deze in figuur 8/3.17-20 voorgestelde tab biedt een paar indrukwekkende functies. U krijgt namelijk twee extra traces op uw scherm, die het resultaat zijn van een wiskundige bewerking op twee van de vier kanalen.
Als voorbeeld hebben wij de wiskundige functie "1 X 3" ingevuld in "Math1". De software vermenigvuldigt nu de 3.000 datapunten van kanaal 1 met de 3.000 datapunten van kanaal 3 en zet de resultaten als een extra grafiek op uw scherm.

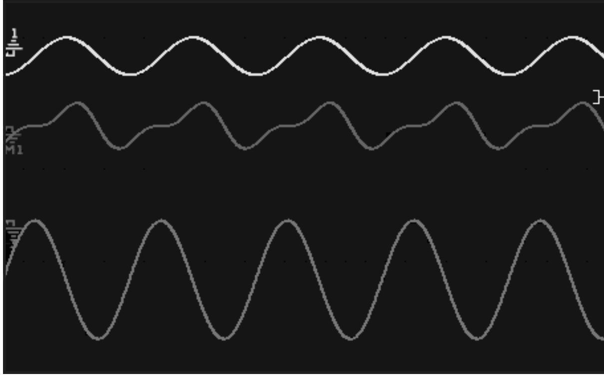
Met de twee ronde knoppen kunt u de gevoeligheid en de positie van dit extra virtueel kanaal instellen. Met "fn" stelt u de wiskundige bewerking in op:
– optellen;
– aftrekken;
– vermenigvuldigen;
– delen.



Figuur 8/3.17-20: Met de knoppen in deze "MATH" tab kunt u wiskundige bewerkingen op uw ingangssignalen toepassen.

Als voorbeeld hebben wij in figuur 8/3.17-21 het resultaat weergegeven als u kanaal 1, een sinus, vermenigvuldigt met kanaal 3, dezelfde sinus maar met een faseverschuiving. Het resultaat ver-

schijnt als een derde curve met een afwijkende bruine kleur (midden).



Figuur 8/3.17-21: Het resultaat van de vermenigvuldiging van twee in fase verschoven sinussen.

FFT

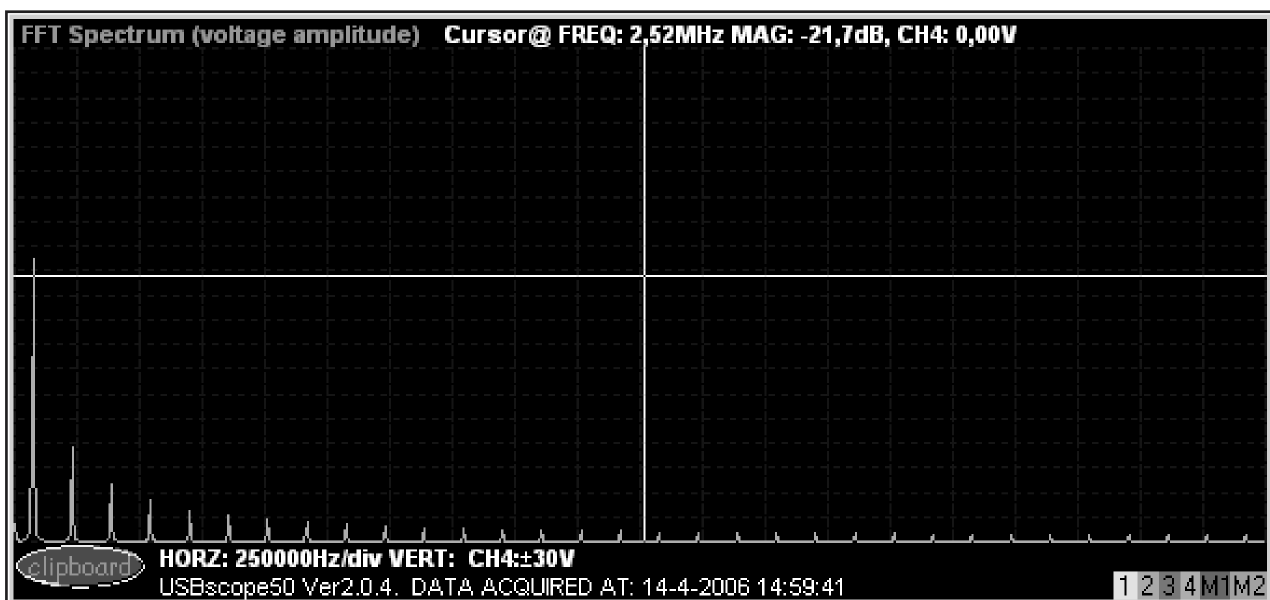
Ieder van de vier kanalen kan via een FFT algoritme met 2.048 punten worden geanalyseerd wat betreft frequentiesamenstelling. Als u FFT kiest in de tab's "CH" of "MATH" verschijnt een nieuw venster in beeld, zie figuur 8/3.17-22, waarin de frequentiesamenstelling van het signaal wordt gegeven. Via de tab "MATH" kunt u kiezen voor een lineaire of logaritmische plot (dB) en kunt u het algoritme instellen op:

- Rectangular;
- Hanning;
- Hamming;
- Triangular;
- Welch.

Verdere instellingen, zoals gevoeligheidsregeling van de plot, zijn helaas niet mogelijk. Ook het verdraaien van de tijdbasissnelheid heeft geen invloed op de horizontale schaal van de analyse. U krijgt wél een assenkruis in beeld dat u met de rechter muisknop kunt verplaatsen en waarmee u zowel de frequentie als de amplitude van één punt kunt bepalen. Deze gegevens verschijnen in de bovenste regel van het venster. Met de knop "Clipboard" kunt u de gegevens naar het klembord van Windows verplaatsen.

Diverse functies

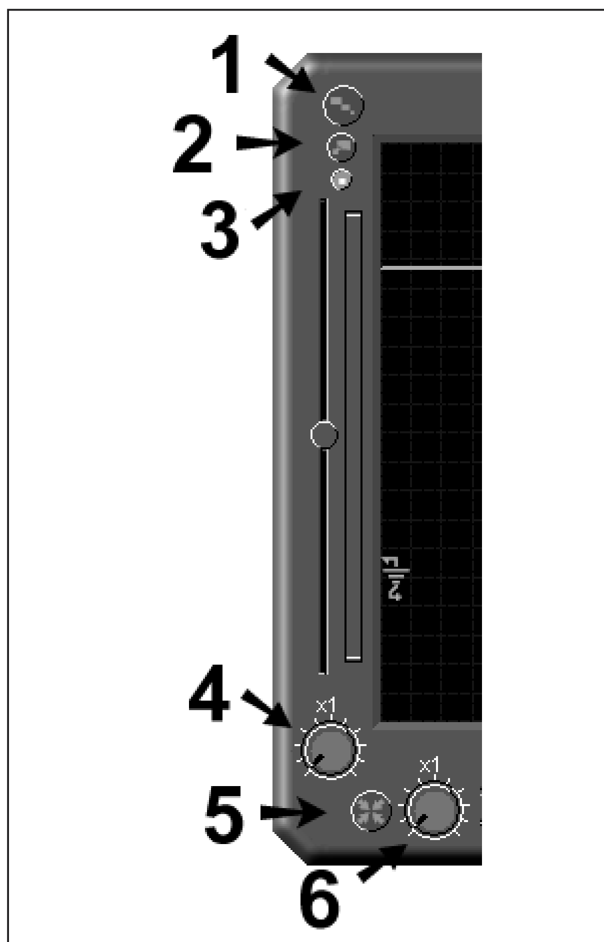
In figuur 8/3.17-23 hebben wij tot slot nog een paar speciale functies samen-



Figuur 8/3.17-22: Het resultaat van een FFT analyse van een vierkantgolf.

gevat, die u aantreft in de linker rand van het venster:

– 1:
  "Open a separate sizable plot window". Na een klik op deze knop wordt alleen het scherm van de oscilloscoop in een tweede, schaalbaar venster weergegeven.



Figuur 8/3.17-23: De zes secundaire bedieningsknoppen die u aan de linker rand van het venster aantreft.

– 2:
  "Minimise to taskbar, but leave full screen plot". Klikt u op deze knop, dan verdwijnt het normale werkvenster van uw scope naar de taskbar van Windows, maar blijft de grote plot van (1) op uw scherm staan.

– 3:
  "Enable/disable sample marker dots on the plot". Als u met de zoomknoppen het beeld horizontaal of verticaal uitrekt, neemt de gedetailleerdheid van het beeld toe. Bij maximale vergroting ziet u niet meer een vloeiende lijn maar sample per sample. Met deze knop kunt u kleine markertjes op de uitgezoomde plot zetten, die overeenkomen met de 3.000 meetpunten die in het geheugen zitten.

– 4:
  "Zoom the vertical display". Met deze draaischakelaar zoomt u verticaal uit.

– 5:
  "Set zoom and pan to defaults". Na een klik op deze knop wordt de plot weer ongezoomd en met het triggerpunt in het midden van het scherm weergegeven.
  6:
  "Zoom the horizontal display". Met deze draaischakelaar zoomt u horizontaal uit.

Meer gegevens

De USBscope50 werd ontwikkeld door:
Elan Digital Systems Ltd.
Little Park Farm Road
Segensworth West, Fareham
Hants PO15 5SJ
United Kingdom
Telefoon: +44-(0)1489-57.97.99
Fax: +44-(0)1489-57.75.16
E-mail: support@pccard.co.uk
Internet: www.pccard.co.uk
Op dit moment is er nog geen Nederlandse of Belgische vertegenwoordiger, waarschijnlijk zal Vego VOF uit Land-

graaf (www.vego.nl) de producten van Elan Digital Systems vanaf najaar 2006 verkopen in de Benelux.

De USBscope50 kost omgerekend € 287,00, besteld bij het Engelse I/O Store (www.iostore.co.uk), het enige bedrijf waar hij op dit moment uit voorraad leverbaar is.